



IPG Politécnico
da Guarda
Polytechnic
of Guarda

RELATÓRIO DE PROJETO

Licenciatura em Engenharia Topográfica

Bruno Miguel Barata Fernandes

junho | 2019





Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Instituto Politécnico da Guarda

RELATÓRIO de PROJETO

Coordenação e elaboração de um SIG da Rede de Apoio do
Campus do IPG e Atualização do Levantamento Topográfico em
PT-TM06 ETRS89

BRUNO FERNANDES

RELATÓRIO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE LICENCIADO EM ENGENHARIA
TOPOGRÁFICA

Junho/2019

Ficha de Identificação

Aluno

Nome: Bruno Miguel Barata Fernandes

Número: 1700394

Instituição: Escola Superior de Tecnologia e Gestão da Guarda

Curso: Engenharia Topográfica

Unidade Curricular: Projeto

Instituição: Instituto Politécnico da Guarda, Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Designação: Coordenação e elaboração de um SIG da Rede de Apoio do *campus* do IPG e Atualização do Levantamento Topográfico para o sistema PT-TM06 ETRS89

Localidade: Guarda

Professora Orientadora

Nome: Maria Elisabete Santos Soares

Grau Académico: Mestre em Engenharia Municipal

Agradecimentos

Antes de mais agradeço aos meus pais, por tudo.

Agradeço a todos os professores do curso de Engenharia Topográfica pelo excelente acolhimento e partilha de conhecimento, ao longo de todo o curso.

Um agradecimento especial à professora orientadora Elisabete Soares pela sua disponibilidade e orientação, essenciais para a conclusão deste projeto.

Finalmente agradeço aos colegas de curso pelo clima de camaradagem e partilha de conhecimento ao longo do curso e particularmente ao Ricardo Saraiva pela cooperação no presente projeto.

Plano Projeto Fim de Curso

No âmbito da unidade curricular de Projeto, foram dadas ao aluno várias propostas para a realização do projeto de final de curso.

Após a análise das várias propostas com ajuda da docente, foi escolhida a primeira proposta designada de “Coordenação e elaboração de um SIG da Rede de Apoio e Atualização do Levantamento Topográfico do *campus* do IPG em PT-TM06 ETRS89”.

A primeira parte consiste na atualização da rede de apoio ao longo do *campus* do IPG que se encontra atualmente no sistema Hayford-Gauss *Datum* Lisboa e será atualizada para o sistema de referência PT-TM06 ETRS89.

A segunda parte do projeto consiste em fazer a atualização do levantamento topográfico já existente, bem como algumas correções.

Resumo

O presente trabalho consistiu, numa primeira fase, na definição de uma nova rede de apoio no *campus* do IPG, usada em muitas unidades curriculares do curso de Engenharia Topográfica. Para tal aproveitaram-se algumas marcas existentes e materializadas por geopregos aquando da medição da rede existente, coordenada em Hayford Gauss *Datum* Lisboa, bem como na colocação de novos geopregos, em localizações escolhidas pelos alunos e docentes orientadoras deste projeto. Como o presente projeto tem uma componente prática de topografia, é autorizado pelas docentes orientadoras, ser feito por dois alunos, facilitando assim a execução do mesmo. O projeto foi idealizado em conjunto pelos alunos Bruno Fernandes e Ricardo Saraiva, do curso de Engenharia Topográfica.

Depois de concluída a materialização, procedeu-se à coordenação dos pontos, no sistema de referência PT-TM06 ETRS89, com um equipamento GNSS, no modo estático e em tempo real (RTK) com 120 segundos de ocupação em cada um dos pontos,

Coordenada a rede e analisado o levantamento topográfico existente, fez-se uma verificação dos elementos em falta e/ou atualizações a efetuar no mesmo, de forma, a que, para além de rodado e georreferenciado no novo sistema vigente em Portugal Continental, o trabalho fosse atualizado e complementado. Nesta fase, para além do equipamento GNSS, foi usada uma estação total, visto existirem edifícios e estes obstruírem o sinal dos satélites no levantamento com GNSS.

Acabado o trabalho de campo, procedeu-se ao trabalho de gabinete, organizando toda a informação recolhida em campo e procedendo às alterações necessárias.

Foi ainda desenvolvido um Sistema de Informação Geográfica da rede de apoio, contendo a ficha descritiva de cada ponto.

Índice Geral

Ficha de Identificação.....	i
Agradecimentos	ii
Plano Projeto Fim de Curso.....	iii
Resumo	iv
Índice Geral	v
Índice de Figuras	viii
Índice de Tabelas.....	ix
Glossário de Siglas	x
Capítulo 1	1
1. Introdução.....	1
Capítulo 2	3
2. Conceitos teóricos associados ao trabalho efetuado	3
2.1. Definição de Topografia	3
2.2. Levantamento topográfico	4
2.3. Sistemas de Coordenadas.....	5
2.3.1. Coordenadas Geodésicas	6
2.3.2. Coordenadas Geocêntricas Cartesianas	7
2.4. Sistemas de Referência Oficiais em Portugal Continental	8
2.4.1. Datum altimétrico Cascais Helmert 1938.....	8
2.4.2. Ondulação do geoide	8
2.4.3. PT-TM06 ETRS89 - European Terrestrial Reference System 1989	10
2.4.4. Hayford-Gauss Datum Lisboa (Obsoleto - Substituído pelo sistema PT-TM06 ETRS89).....	11
2.5. Sistemas de Informação Geográfica	12
2.5.1. Definição de SIG	12
2.5.2. Estrutura Topológica	12

2.5.3. O Modelo Geo-Relacional.....	13
Capítulo 3	14
3. Equipamentos e Metodologias de Trabalho usadas	14
3.1. Equipamentos utilizados	14
3.1.1. Estação Total	14
3.1.2. Equipamento GNSS.....	16
3.2. Princípio e Funcionamento GNSS (GPS + GLONASS)	16
3.3. Método Estático	18
3.4. Método Rápido-Estático	18
3.5. Método Cinemático.....	19
3.6. Método Para - Avança	19
3.7. RTK- Real Time Kinematic.....	19
3.7.1. SBS (Single Base Station).....	19
3.7.2. Rede RTK.....	20
3.8. Rede ReNEP e Projeto SERVIR.....	20
Capítulo 4	22
4. Trabalho Prático	22
4.1. Trabalho de Campo.....	22
4.2. Materialização da Rede de apoio	23
4.2.1. Georreferenciação da rede de apoio	25
4.2.2. Resultados finais da rede de Apoio	27
4.2.3. Comparação de Coordenadas	28
4.3. Levantamento Topográfico.....	30
4.4. Levantamento do Edifício da Associação Académica.....	31
4.4.1. Condições de Estação	31
4.4.2. Rede de Apoio auxiliar e Georreferenciação.....	32
4.4.3. Recolha de pontos.....	33

Capítulo 5	34
5. Trabalho de Gabinete	34
5.1. Criação de Grupos de Pontos	34
5.2. Desenho da Planimetria	35
5.3. Importação e Transformação de coordenadas do Levantamento Existente.....	39
5.4. Desenho Final	40
Capítulo 6	44
6. Criação de um SIG	44
6.1. Formatação do Trabalho	44
6.2. Georreferenciação da Imagem	45
6.3. Associação dos Pontos à Feature Class	47
Capítulo 7	49
Discussão e Conclusão	49
Bibliografia	51
ANEXOS	53
Índice de Anexos	54

Índice de Figuras

Figura 1 - Desenho proveniente do levantamento Topográfico	5
Figura 2 - Sistema de Coordenadas Geodésicas	5
Figura 3 - Coordenadas Geodésicas de um ponto P	6
Figura 4 - Coordenadas Cartesianas Geocêntricas.de um ponto P	7
Figura 5 - Ondulação do geoide [Patrício G. (2018)]	9
Figura 6 - Transporte de Coordenadas	14
Figura 7 - Estação Total Leica TCR 803	15
Figura 8 - Recetor GNSS Base. Topcon GR-3	16
Figura 9 - Croqui	22
Figura 10 – Geoprego na materialização de um ponto da rede de apoio.....	24
Figura 11 – Identificação do Ponto (C - Civil).....	25
Figura 12 - Vértice Geodésico Cerca	26
Figura 13 - Diferença de Coordenadas ETRS89 - Dt Lx (IPG 7)	29
Figura 14- Point Group.....	34
Figura 15 - Menu QueryBuilder	35
Figura 16 - Menu Layers	36
Figura 17 - Fotografia de Apoio Oficinas	36
Figura 18 - Fotografia de Apoio Escadas AAG	37
Figura 19 - Edifício Associação Académica e área circundante	37
Figura 20 - Desenho Linha de Água junto à Associação Académica	38
Figura 21 - Pormenor Escadas.....	38
Figura 22 – Comando <i>ImportPoints</i>	39
Figura 23 - Comando ADERSHEET [Autocad,2018]	40
Figura 24 - Levantamento limites e Edifício da Associação Académica	41
Figura 25 - <i>Paste To Original Coordinates</i>	41
Figura 26 - Vedação Edifício Associação Académica	42
Figura 27 - Vedação Junto as Oficinas	43
Figura 28 - Sistema de Coordenadas Escolhido	45
Figura 30 - Pontos de apoio escolhidos para a georreferenciação.....	46
Figura 29 - Menu de associação das coordenadas dos pontos.....	46
Figura 31 - Menu Identify do ponto Central e respetiva fotografia.....	48

Índice de Tabelas

Tabela 1 – PT-TM06 ETRS89 [DGT 2018].....	11
Tabela 2 – Parâmetros do Hayford Gauss Datum Lisboa [DGT 2018].....	12
Tabela 3 – Pontos Existentes no sistema Hayford Gauss - <i>Datum</i> Lisboa.....	23
Tabela 4 – Coordenadas Rede de Apoio campus IPG no sistema PT TM06 ETRS 89 .	27
Tabela 5 – Diferença de Coordenadas PT-TM06 ETRS89, HGLx	29
Tabela 6 – Códigos Usados	30
Tabela 7 – Pontos Estação	32
Tabela 8 – Erros Resultantes da Georreferenciação [m]	47
Tabela 9 – Tabela Pontos Preenchida.....	47

Glossário de Siglas

AAG – Associação Académica da Guarda

ARCGIS - Programa comercial para SIG

DAC – Desenho Assistido por Computador

DGT – Direção Geral do Território

DWG - Extensão de Arquivos de Desenho do *software* AutoCAD

GNSS - Global Navigation Satellite System

GPS - Global Positioning System

GRS – Global Reference System

IPG – Instituto Politécnico da Guarda

PT-TM06 ETRS89 – Portugal, projeção Transversa de Mercator aplicada em 2006 no sistema European Terrestrial Reference System 1989

RGN – Rede Geodésica Nacional

RTK - Real Time Kinematic

SIG- Sistema de Informação Geográfica

WGS - World Geodetic System

WGS84 - World Geodetic System 1984

TXT - Documento de texto

Capítulo 1

1. Introdução

Este relatório pretende descrever de forma sucinta e clara o trabalho desenvolvido durante toda a execução do projeto de fim de curso, que decorreu no *campus* do Instituto Politécnico da Guarda.

No *campus* existem 5 edifícios principais, o Edifício Central, a Escola Superior de Tecnologia e Gestão, a Escola Superior de Educação, Comunicação e Desporto, a Biblioteca e o Edifício da Piscina. Existe também um campo de futebol, uma via principal para circulação automóvel, vários acessos pedonais e espaços verdes com relva e com árvores. Na zona da segunda rampa de acesso existem três edifícios habitacionais, bem como as garagens dos veículos do Instituto.

Há cerca de 15 anos atrás os levantamentos topográficos ainda eram efetuados nos sistemas de coordenadas Hayford Gauss *Datum* Lisboa e Hayford Gauss *Datum*73. Com o avanço da tecnologia, estes *data* começaram por cair em desuso ficando mesmo obsoletos, segundo a autoridade nacional reguladora (DGT). Assim, em Portugal, foi recomendado adotar o sistema de coordenadas PT-TM06 ETRS89, como consequência da implementação do *Datum* geodésico ETRS-89 em toda a Europa. No *campus* do IPG existe uma rede de apoio e o levantamento topográfico de pormenor georreferenciado em Hayford Gauss *Datum* Lisboa desde 2003. Por isso a motivação para a realização deste projeto foi precisamente a necessidade de atualização da rede de apoio do IPG e da sua planta topográfica. Para isso foram utilizados vários conceitos aprendidos ao longo de toda a formação académica. Os conceitos teóricos permitiram obter as bases para raciocinar sobre a melhor forma de realizar o trabalho prático, ainda que possa haver outras alternativas. O uso de equipamentos de campo para recolha de dados e *software* de tratamento desses dados permitiram implementar o trabalho apresentado neste relatório.

Para além do levantamento foi criado ainda um SIG, usando o *software* ArcGis, que permite ter acesso aos dados que caracterizam a rede de apoio, de uma forma mais interativa.

O presente relatório está organizado em 7 capítulos.

No Capítulo 1 é feita uma introdução.

No Capítulo 2 são abordados conceitos teóricos e métodos de funcionamento dos equipamentos utilizados durante o projeto. São ainda apresentados conceitos relacionados com levantamentos topográficos, implantação de pontos e sistemas de referência, bem como aspetos básicos relacionados com um SIG.

No Capítulo 3 são apresentadas as metodologias de trabalho, e os equipamentos utilizados para a realização do projeto

No Capítulo 4 é apresentado o trabalho realizado em campo ao longo do projeto, desde os critérios de localização dos pontos da nova rede, passando pela sua georreferenciação e acabando no levantamento dos elementos em falta.

No Capítulo 5 é explicado todo o trabalho de gabinete executado até o projeto estar concluído

O capítulo 6 explica os passos dados para a criação do SIG da rede de apoio.

No Capítulo 7 são apresentadas as conclusões referentes ao projeto.

Para além do relatório escrito serão entregues 5 anexos em papel: o anexo 1 é o croqui da área de intervenção; o anexo 2 é uma planta de localização à escala 1/5000 gerada no *site* da Associação de Municípios da Cova da Beira; o anexo 3 é a planta à escala 1/1000 dos pontos de apoio, onde são mostradas as coordenadas de cada ponto de apoio e a sua localização no *campus*; o anexo 4 mostra as alterações efetuadas no levantamento à escala 1/1000, com as alterações desenhadas a vermelho e os elementos mantidos do levantamento anterior desenhados a verde; finalmente o anexo 5 é o levantamento atualizado do *campus* à escala 1/1000.

Capítulo 2

2. Conceitos teóricos associados ao trabalho efetuado

2.1. Definição de Topografia

A palavra "Topografia" deriva das palavras gregas "*topos*" (Lugar) e "*graphen*" (descrição de um lugar) significando, portanto, a representação exata de um lugar. A determinação do contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada de terreno através de cartas ou plantas, converte-se na base de qualquer projeto e obra de engenharia ou arquitetura. Com efeito, desde edifícios e obras viárias a sistemas de água e saneamento, planeamento urbanístico e paisagístico, entre outros, todos se desenvolvem em função do terreno sobre o qual assentam, pelo que é fundamental o conhecimento pormenorizado desse mesmo terreno, tanto na fase do projeto, como na sua execução. É na Topografia que se encontram os métodos e os instrumentos que permitem esse conhecimento e asseguram uma correta implantação da obra. Inicialmente, a Topografia ocupava-se do estudo de locais restritos, pretendendo simplificar os problemas de representação provocados pela curvatura da Terra. No entanto, esta simplificação teve que ser ultrapassada uma vez que a necessidade de obter representações de superfícies cada vez maiores, obrigou a que essa limitação territorial fosse alargada e, consequentemente, a que a referida curvatura fosse, forçosamente, considerada. Assim, a Topografia passou a apoiar-se num outro ramo da geofísica, a geodesia. A Geodesia permite que a curvatura da Terra seja considerada num estudo topográfico de larga escala através da utilização de um quadro de referência a partir das coordenadas cartográficas dos vértices da rede geodésica. Os sistemas de referência geodésicos são adotados internacionalmente, sendo da responsabilidade da Associação Internacional de Geodesia. Uma das faces mais visíveis da Topografia são os levantamentos topográficos, que consistem em todo o trabalho de campo e gabinete que permite a recolha e tratamento da informação necessária à produção de uma planta ou carta topográfica representativa do terreno em estudo. Existem dois grandes métodos reconhecidos para a realização dos levantamentos topográficos, cada um dos quais vocacionado para diferentes situações: o método clássico, que consiste na recolha da informação diretamente no terreno, a partir de instrumentos simples de medição como é o caso dos teodolitos, estações totais e

Equipamentos de Posição por Satélite. Este método, pelo baixo custo que representa e pela maior demora na recolha da informação, está mais indicado para trabalhos de escala elevada relativos a pequenas superfícies territoriais. Outro método existente é o fotogramétrico, onde o “grosso” da informação é recolhida através da análise de fotogramas do terreno, obtidos através de fotografia aérea ou de imagens enviadas por satélites artificiais. Este método é normalmente utilizado em levantamentos de superfícies mais extensas. Atualmente no método clássico de recolha de dados podemos falar no método espacial, em que a recolha de dados é feita com GNSS. Embora possa ser designado de método clássico porque a recolha de dados se faz diretamente no terreno, a dependência dos satélites para a medição no terreno inclui este método na classe dos levantamentos topográficos por métodos espaciais.

2.2. Levantamento topográfico

Um levantamento topográfico, pode definir-se como sendo, uma operação de aquisição de dados necessários à elaboração de cartas topográficas e ao apoio de atividades que exijam o conhecimento pormenorizado dos acidentes topográficos, tal como as obras de engenharia. No chamado método clássico, os dados são adquiridos no terreno, por observação direta dos acidentes topográficos, utilizando instrumentos óticos e eletrónicos na medição de ângulos, distâncias e coordenadas tridimensionais.

Os levantamentos topográficos passam por duas fases, ou seja, na primeira fase é materializada uma rede de apoio topográfico e numa segunda fase, com estação do equipamento nos vértices da rede de apoio, procede-se ao levantamento de pormenor do terreno.

O levantamento de pormenor pode ser realizado, de modo mais eficiente, com recurso a Estações Totais e equipamentos GNSS com cadernetas eletrónicas.

Em cada ponto estação, um operador na estação total procede às visadas e ao registo de leituras e códigos alfanuméricos de identificação dos elementos do terreno. Um segundo operador percorre os pontos notáveis do terreno, com intervisibilidade para a estação total, com um retro – refletor colocado sobre um bastão dotado de um nível esférico para a verticalização. A figura 1 apresenta o levantamento do edifício da Associação

Académica da Guarda para exemplificar uma parte do levantamento topográfico realizado.

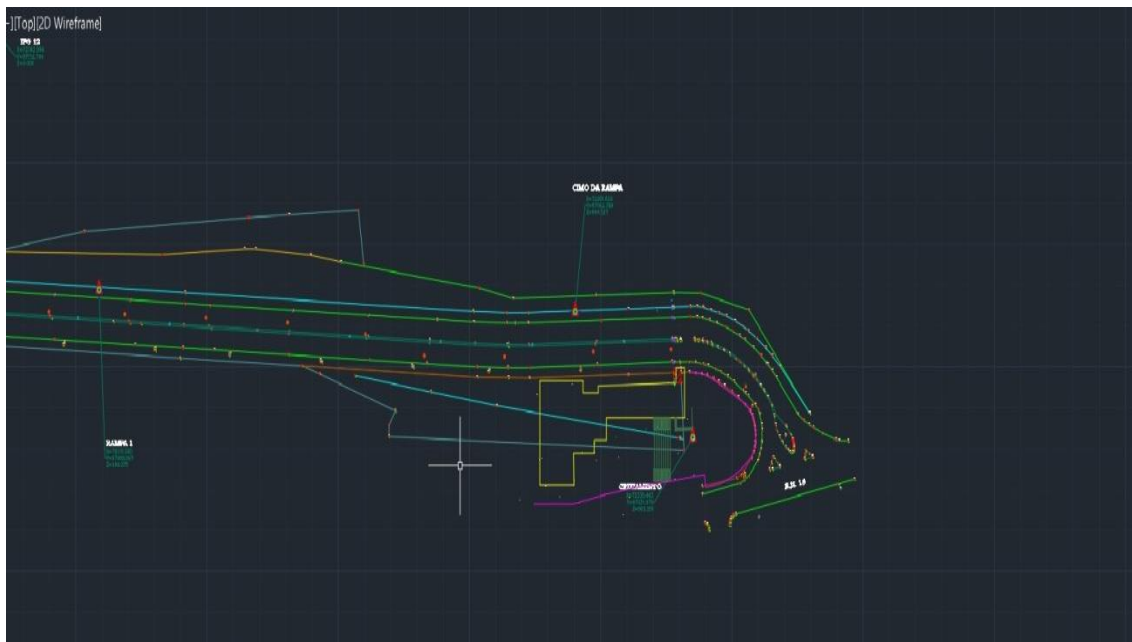


Figura 1 - Desenho proveniente do levantamento Topográfico

2.3. *Sistemas de Coordenadas*

A figura 2 especifica as componentes de um Sistema de Coordenadas Geodésicas, como sendo um conjunto de entidades geométricas que permitem determinar três coordenadas (latitude, longitude, altitude elipsoidal) recorrendo a um *Datum* geodésico planimétrico e altimétrico.

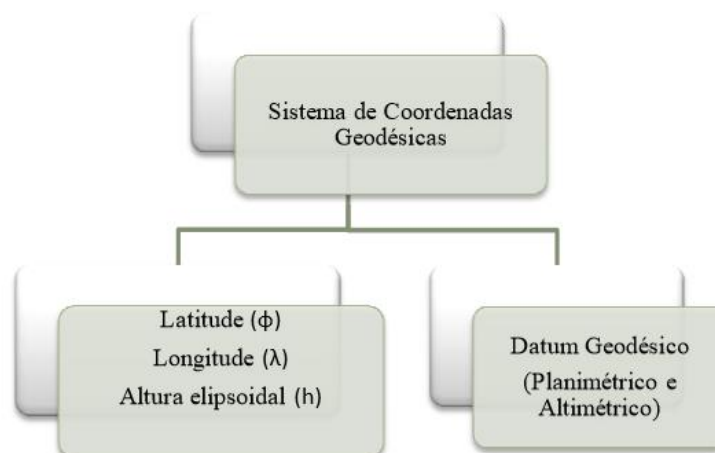


Figura 2 - Sistema de Coordenadas Geodésicas

Para além do sistema de coordenadas geodésicas existe o sistema de coordenadas astronómicas, definidas sobre o geoide. O geoide designa uma superfície equipotencial ou superfície de nível que corresponde ao nível médio dos mares, sendo uma superfície em equilíbrio sob a ação da força da gravidade e da força centrífuga. Esta superfície não tem uma forma geométrica simples pois é deformada pelas atrações exercidas pelo relevo e pelas anomalias na densidade da crosta terrestre. Ao longo do presente trabalho foram usadas coordenadas retangulares no sistema de projeção cartográfica PT-TM06 ETRS89. No que diz respeito à altitude usou-se a altitude ortométrica (H) para o cálculo das cotas, com referência ao *Datum* altimétrico Cascais *Helmert* 1938.

2.3.1. Coordenadas Geodésicas

As coordenadas medidas à superfície da Terra exemplificadas na figura 3, eram medidas, no passado, por processos de observação astronómica; atualmente são medidas com recurso a sistemas de Posicionamento e Navegação por Satélite e calculadas sobre o elipsoide de referência considerado. Designam-se coordenadas elipsoidais ou geodésicas, a latitude e longitude geodésica e altitude geodésica, pois são determinadas sobre o elipsoide.

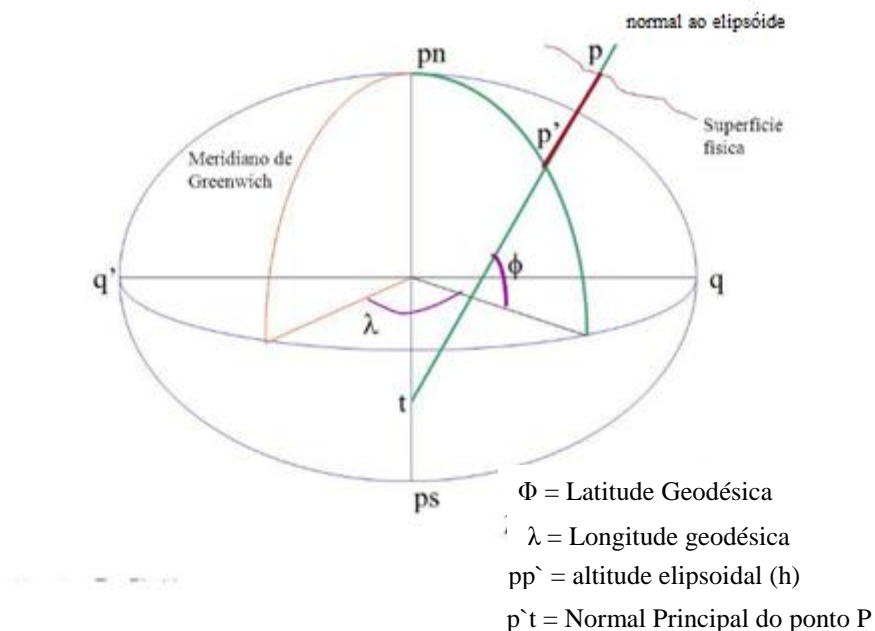


Figura 3 - Coordenadas Geodésicas de um ponto P

2.3.2. Coordenadas Geocêntricas Cartesianas

A cada elipsoide de referência pode ser associado o referencial cartesiano tridimensional cuja origem coincide com o centro do elipsoide.

Quando o elipsoide de referência é posicionado globalmente, o seu centro fica muito próximo do centro de massa da Terra, caso dos elipsoides GRS e WGS.

Na figura 4 é possível ver o ponto P e as respetivas coordenadas x_p , y_p e z_p , medidas segundo os eixos X, Y, e Z, respetivamente. A origem do referencial está no centro de massa da Terra, o eixo do X toma a direção da interseção entre o meridiano de Greenwich e a linha do equador; o eixo Z está na direção do eixo de rotação da Terra e o eixo Y é perpendicular aos eixos X e Z.

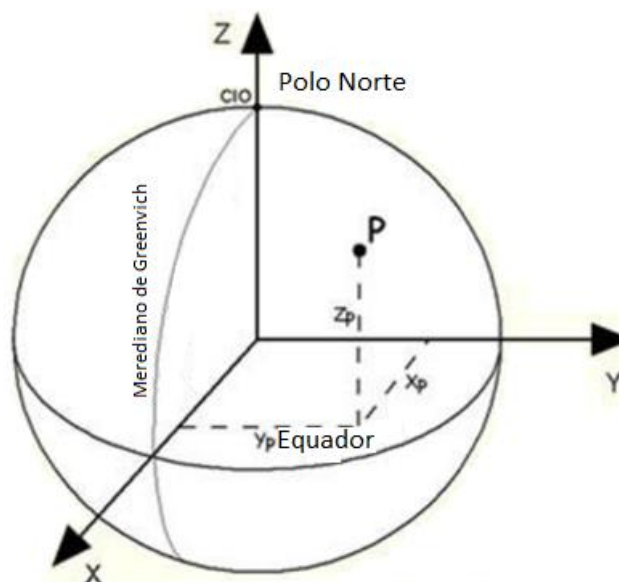


Figura 4 - Coordenadas Cartesianas Geocêntricas de um ponto P

É possível calcular as coordenadas cartesianas geocêntricas (x_p , y_p e z_p) do ponto P a partir das respetivas coordenadas geodésicas (Φ , λ , h), considerando as seguintes equações:

$$\begin{cases} X_p = (N + h) \cos \Phi \cos \lambda \\ Y_p = (N + h) \cos \Phi \sin \lambda \\ Z_p = [N(1 - e^2) + h] \sin \Phi \end{cases}$$

Onde,

N – Normal Principal do ponto P

h- altitude elipsoidal

e – excentricidade do elipsoide

2.4. Sistemas de Referência Oficiais em Portugal Continental

Designa-se por sistema geodésico de referência o conjunto de parâmetros que permite posicionar univocamente um objeto sobre a superfície da Terra. Dos sistemas utilizados ao longo do tempo, vai-se destacar o PT-TM06/ETRS 89 por ser o utilizado neste trabalho, no entanto, descreve-se também o Sistema Hayford-Gauss Lisboa, por causa da conversão da informação geográfica já existente referenciada neste sistema, bem como o *Datum* altimétrico usado, o *Datum* Cascais Helmert 1938.

2.4.1. Datum altimétrico Cascais Helmert 1938

Em Portugal Continental o marégrafo de Cascais, a funcionar desde 1882, é a referência no que diz respeito à altimetria.

A marca fundamental da rede de nivelamento geométrico situa-se junto a este marégrafo, de modo a assegurar a ligação entre o nivelamento e o *datum* altimétrico. O sistema de referência vertical oficial do Continente é denominado por Cascais Helmert 1938, uma vez que o *datum* foi definido, primeiramente, a partir da média dos níveis médios das águas do mar em Cascais para o período entre 1882 e o último dia do ano de 1938.

A rede de nivelamento geométrico de alta precisão é a infraestrutura que constitui o sistema de altitudes rigorosas oficial para o território nacional; esta rede está materializada por cerca de 4500 marcas distribuídas pelo país.

2.4.2. Ondulação do geoide

Existe uma diferença entre a modelação matemática da Terra obtida a partir do elipsoide e o geoide; se é verdade que o cálculo das coordenadas horizontais se baseiam nas coordenadas geodésicas, no cálculo de altitudes podem usar-se as altitudes elipsoidais ou geodésicas (h), medidas com referência ao elipsoide, ou as altitudes ortométricas (H),

medidas com referência ao geoide. Como se vê na figura 5, a ondulação do geoide (N) é dada pela diferença entre a altitude elipsoidal (h), também designada por altitude geométrica, e a altitude ortométrica (H). Esta diferença pode ser muito significativa, variando a nível mundial entre -107m e 85m. Ao longo deste projeto foram usadas altitudes ortométricas. Para que os dispositivos GNSS, calculem as altitudes ou cotas ortométricas têm de incorporar um ficheiro com o modelo de geoide que permite calcular a ondulação do geoide em cada ponto, visto que, os GNSS obtêm diretamente coordenadas WGS84, isto é elipsoidais. No caso de Portugal continental, o modelo de geoide em vigor e aceite pela DGT é o GeodPT08. O modelo GeodPT08 foi construído com base no modelo de geoide gravimétrico ICAGM07 (Iberia-Canarias-Azores Geoid Model 2007) por ajuste às redes geodésicas do Continente, tendo sido utilizadas 137 marcas de nivelamento e 1020 vértices geodésicos. O GeodPT08 possibilita o posicionamento vertical com uma precisão global estimada de 4 cm, determinada com referência às redes de vértices geodésicos e de nivelamento geométrico do Continente.

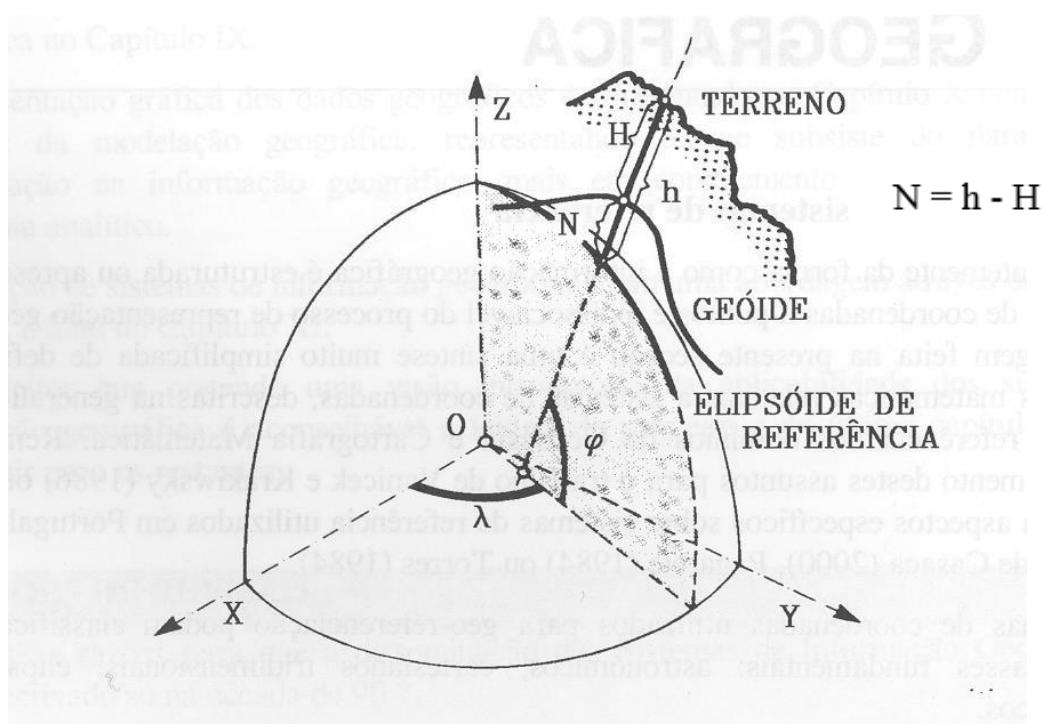


Figura 5 - Ondulação do geoide [Patrício G. (2018)]

2.4.3. PT-TM06 ETRS89 - European Terrestrial Reference System 1989

O ETRS89 é um sistema global de referência recomendado pela EUREF (*European Reference Frame*, subcomissão da IAG - Associação Internacional de Geodesia) estabelecido através de técnicas espaciais de observação. No simpósio da EUREF realizado em Itália em 1990 foi adotada a seguinte resolução: "A Subcomissão da IAG para o Referencial Geodésico Europeu (EUREF) recomenda que o sistema a ser adotado pela EUREF seja coincidente com o ITRS na época de 1989.0 e fixado à parte estável da Placa Euro-Asiática, sendo designado por Sistema de Referência Terrestre Europeu 1989 (*European Terrestrial Reference System - ETRS89*) " O estabelecimento do ETRS89 em Portugal Continental foi efetuado com base em campanhas internacionais (realizadas em 1989, 1995 e 1997), que tiveram como objetivo ligar convenientemente a rede portuguesa à rede europeia. Nos anos subsequentes, toda a Rede Geodésica de 1ª e 2ª ordem do Continente foi observada com GNSS, tendo o seu ajustamento sido realizado fixando as coordenadas dos pontos estacionados nas anteriores campanhas internacionais. A agência *EuroGeographics* recomenda a utilização das seguintes projeções cartográficas: Transversa de Mercator, para escalas superiores a 1/500 000; cónica conforme de Lambert, com dois paralelos de escala conservada, para escalas inferiores a 1/500 000. Desde 2006, para o território Continental, os parâmetros da projeção Transversa de Mercator referida são os que na tabela 1 abaixo se listam. Este Sistema de Referência é oficialmente usado atualmente em Portugal continental.

Elipsoide de referência:	GRS80	Semi-eixo maior: $a = 6\,378\,137\text{ m}$ Achatamento: $f = 1 / 298,257\,222\,101$
Projeção cartográfica:	Transversa de Mercator	
Latitude da origem das coordenadas retangulares:	39° 40' 05",73 N	
Longitude da origem das coordenadas retangulares:	08° 07' 59",19 W	
Falsa origem das coordenadas retangulares:	Em M (distância à Meridiana): 0 m Em P (distância à Perpendicular): 0 m	
Coeficiente de redução de escala no meridiano central:	1,0	

Tabela 1 – PT-TM06 ETRS89 [DGT 2018]

2.4.4. Hayford-Gauss Datum Lisboa (Obsoleto - Substituído pelo sistema PT-TM06 ETRS89)

O sistema de referência Hayford Gauss *Datum* Lisboa, cujos parâmetros são mostrados na tabela 2, foi estabelecido nos finais do século XIX. As observações angulares que deram origem a este *Datum* foram realizadas entre 1888 e 1963 com teodolitos Troughton e Repsold. A orientação da rede foi dada pelo azimute Lisboa -> Serves e a sua escala pela base da Chamusca medida com decâmetro de Repsold. O cálculo foi realizado pelo método das condições de observação, tendo sido determinada em primeiro lugar a triangulação fundamental e posteriormente a restante rede de primeira ordem, dividida em vários blocos.

Em 1945, o então denominado Instituto Geográfico e Cadastral, realizou um trabalho para a Câmara Municipal de Lisboa com o objetivo de criar uma rede de apoio mais densa na zona de Lisboa, para a execução de cartografia à escala 1:1000.

Elipsoide de referência:	Hayford (ou Internacional 1924)	Semieixo maior: $a = 6\,378\,388$ m Achatamento: $f = 1/297$
Para trabalhos associados a este Datum (produção cartográfica e outros) é habitualmente usado o seguinte sistema de projeção:		
Projeção cartográfica:	Gauss-Krüger	
Falsa origem das coordenadas retangulares:	Em M (distância à Meridiana): 0 m Em P (distância à Perpendicular): 0 m	
Coefficiente de redução de escala no meridiano central:	1,0	

Tabela 2 – Parâmetros do Hayford Gauss Datum Lisboa [DGT 2018]

2.5. Sistemas de Informação Geográfica

2.5.1. Definição de SIG

O conceito SIG foi desenvolvido originalmente nos anos 60, como um meio de sobrepor e combinar diversos tipos de dados no mesmo mapa. Ao invés de automatizar apenas a função de desenho, como num DAC, o SIG associa atributos gráficos e não gráficos de recursos cartográficos. Os mapas resultantes mostram dados geográficos, ambientais ou demográficos, separadamente ou em combinação.

Um SIG pode ter dois tipos de arquitetura: SIG vetorial ou SIG *Raster*. Neste projeto usou-se a arquitetura vetorial que possui uma estrutura flexível de dados baseados em relações topológicas. Os sistemas vetoriais apresentam recursos do tipo ponto, linha e área. A arquitetura *Raster* usa o *Pixel* como unidade básica.

2.5.2. Estrutura Topológica

Numa representação típica de DAC, representam-se apenas as características geométricas das entidades, não sendo possível estabelecer relações espaciais. Para as estabelecer é possível introduzir topologia, permitindo um armazenamento mais eficaz dos dados,

evitando redundâncias e conferindo um maior potencial na análise espacial. Para tal a topologia utiliza três conceitos base:

Definição de áreas: os arcos que se ligam por forma a envolver uma área definem um polígono (topologia polígono-arco).

Contiguidade: os arcos têm um sentido e lados direito e esquerdo (topologia esquerda-direita)

Conectividade: os arcos ligam-se entre si através de nós (topologia arco-nó)

2.5.3. O Modelo Geo-Relacional

Na maioria dos *softwares* SIG (incluindo o *ArcGis* 10.5.1) usa-se o modelo geo-relacional. Este é um modelo híbrido que permite relacionar a informação alfanumérica a entidades geográficas. Para tal a informação alfanumérica deve ter uma modelação do tipo relacional, onde a estrutura básica é a tabela.

Estabelecida a componente gráfica da base de dados segundo critérios topológicos (ver ponto anterior), o modelo geo-relacional faz, essencialmente, a ligação entre estes e a sua informação alfanumérica. Para tal, atribui-se um número identificativo a cada entidade topológica, associando os atributos alfanuméricos às coordenadas definidoras da mesma, mantendo assim uma correspondência um para um entre os registos topológicos e os atributos alfanuméricos.

Capítulo 3

3. Equipamentos e Metodologias de Trabalho usadas

3.1. Equipamentos utilizados

3.1.1. Estação Total

Uma estação total, resumidamente é constituída por um teodolito eletrónico e um instrumento de medição eletro-óptica (EDM). O EDM é colocado numa posição concêntrica em relação à luneta do teodolito e é, nos instrumentos mais recentes, incorporado na própria luneta, formando um único bloco. Até há bem pouco tempo, era frequente o EDM ser acoplado à luneta, o que permitia o seu uso quer nos teodolitos eletrónicos quer nos teodolitos óticos, formando assim, uma estação total semi-eletrónica.

A topografia clássica engloba vários métodos para coordenação de redes de apoio topográfico. São exemplos o método da triangulação, o método da poligonação, interseção, irradiação, entre outros. Tais métodos baseiam-se na determinação de coordenadas de um dado ponto (ponto B) a partir das coordenadas de outro ponto (ponto A) conhecidas à partida e conhecendo também a distância horizontal que os separa (\overline{AB}) e o rumo da direção formada pelo ponto de coordenadas conhecidas e pelo ponto a coordenar (AB). O processo de obtenção de coordenadas utilizando a estação total é baseado no método de transporte de coordenadas, tendo em consideração a figura 6.

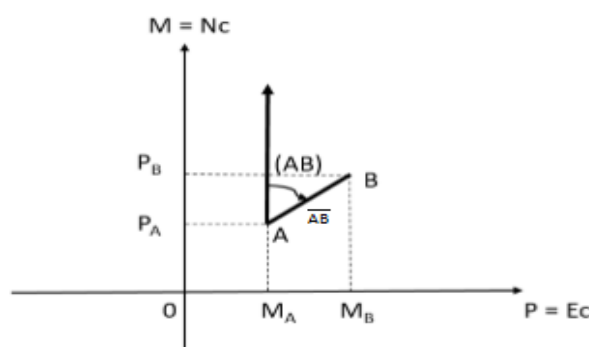


Figura 6 - Transporte de Coordenadas

Onde \overline{OM} é o eixo da meridiana origem e \overline{OP} é o eixo da perpendicular origem.

Considerando a Figura 5, vem:

$$\sin(AB) = \frac{M_B - M_A}{\overline{AB}} \Leftrightarrow M_B - M_A = \overline{AB} \times \sin(AB) \Leftrightarrow M_B = M_A + \overline{AB} \times \sin(AB)$$

Da mesma forma obtém-se:

$$\cos(AB) = \frac{P_B - P_A}{\overline{AB}} \Leftrightarrow P_B - P_A = \overline{AB} \times \cos(AB) \Leftrightarrow P_B = P_A + \overline{AB} \times \cos(AB)$$

Neste projeto a estação total utilizada foi da marca Leica, modelo TCR 803 (usada no modo preciso com erro de 2mm + 2ppm e precisão angular de 3''), bem como todos os seus acessórios, tripé Leica, Prisma Leica, mostrados na figura 7.



Figura 7 - Estação Total Leica TCR 803

3.1.2. Equipamento GNSS

O GNSS utilizado neste trabalho foi um Recetor GNSS da marca Topcon, modelo GR-3 (Base e Rover), bem como todos os seus acessórios, tripé, Caderneta e bastão Topcon, presentes na Figura 8



Figura 8 - Recetor GNSS Base. Topcon GR-3

3.2. *Princípio e Funcionamento GNSS (GPS + GLONASS)*

Os trabalhos com GNSS podem ser realizados em pós-processamento ou em Tempo Real. No caso do Pós processamento é necessário um *software* específico para processar os dados obtidos em campo. No caso do tempo real o próprio equipamento efetua esse processamento em campo. A principal diferença é o tempo de aquisição de dados e a

precisão obtida. Neste trabalho a recolha de dados foi efetuada com equipamento para tempo real. Os métodos a seguir referidos podem ser usados em tempo real ou pós processamento, dependendo dos objetivos do trabalho.

O GNSS baseia-se na medição de distâncias entre o recetor e os satélites, sendo a posição que estes ocupam no espaço conhecida na medida em que é difundida por uma mensagem de navegação, ou seja, os satélites funcionam como pontos de referência rigorosos para determinação das coordenadas.

Ao considerarmos um satélite no centro de uma esfera, o recetor pode encontrar-se num ponto à superfície da esfera, sendo o raio dessa esfera a distância do satélite ao recetor. Com um segundo satélite no centro de outra esfera e essa segunda esfera intersectando a primeira, o recetor pode agora encontrar-se em qualquer ponto da linha de interseção das duas esferas, com o terceiro no centro de uma esfera também o recetor pode encontrar-se em dois pontos da linha de interseção anterior. Para decidir qual dos pontos é a posição do recetor, utiliza-se um quarto satélite, resolvendo um sistema de equações.

As equações não lineares 1), 2), 3) e 4) formam um sistema de 4 equações a 4 incógnitas, permitindo determinar o posicionamento tridimensional de um qualquer ponto à superfície da Terra e são apresentadas a seguir:

$$\left\{ \begin{array}{ll} d_1 = \sqrt{(X - x_1)^2 + (Y - y_1)^2 + (Z - z_1)^2} + c \cdot \Delta t & 1) \\ d_2 = \sqrt{(X - x_2)^2 + (Y - y_2)^2 + (Z - z_2)^2} + c \cdot \Delta t & 2) \\ d_3 = \sqrt{(X - x_3)^2 + (Y - y_3)^2 + (Z - z_3)^2} + c \cdot \Delta t & 3) \\ d_4 = \sqrt{(X - x_4)^2 + (Y - y_4)^2 + (Z - z_4)^2} + c \cdot \Delta t & 4) \end{array} \right.$$

Onde:

x_i, y_i, z_i – Representam as coordenadas tridimensionais do satélite;

X, Y, Z – Representam as coordenadas tridimensionais do recetor (incógnitas);

d_i – Representa a distância do satélite ao recetor ($i=1, \dots, 4$);

c – Velocidade da luz (300 000 km/s);

Δt – Diferença de tempo entre o relógio do satélite e o relógio do recetor.

A precisão do equipamento pode ser especificada pelos seguintes elementos:

HDOP – Degradação da precisão na componente horizontal (planimetria);

VDOP – Degradação da precisão na componente vertical (altimetria);

PDOP – Degradação da posição tridimensional (X, Y, Z);

GDOP – Degradação da posição geométrica/global (X, Y, Z, Tempo).

Este é o princípio básico do funcionamento do GNSS, ou seja, utiliza satélites como pontos de referência para obter qualquer posição sobre a Terra por trilateração.

3.3. *Método Estático*

É o método que permite obter maior precisão. É utilizado para medições de bases/vetores longas, para coordenar redes geodésicas, efetuar o controlo de deformações em grandes estruturas de engenharia civil ou fenómenos naturais, como por exemplo: placas tectónicas e vulcões. Neste método os recetores permanecem fixos durante um determinado intervalo de tempo que pode durar horas dependendo do comprimento da base entre o recetor fixo e o móvel.

A precisão obtida, centimétrica ou milimétrica, depende do comprimento da base.

3.4. *Método Rápido-Estático*

É um método estático de curta duração entre 5 a 20 minutos, onde as ambiguidades são determinadas mais rapidamente. Para bases curtas (5 a 10 km) é muito preciso e mais rápido que o método estático.

Este método permite alcançar uma precisão de 1cm + 2ppm, para bases de comprimento até 20 km.

3.5. *Método Cinemático*

É usado na medição de vários pontos sucessivamente. É um método bastante eficaz de medir vários pontos próximos entre si. O recetor não fica em modo estático em qualquer período da sessão. O problema deste método é quando o sinal é obstruído (árvores, pontes.) ou há poucos satélites (inferior a 4) porque é necessária uma reinicialização que pode demorar alguns minutos.

3.6. *Método Para - Avança*

Este método consiste em transportar o recetor a todos os pontos a observar, efetuando breves paragens (alguns segundos), nas posições de maior interesse. O requisito básico é que as ambiguidades sejam resolvidas antes de se iniciar o posicionamento.

3.7. *RTK- Real Time Kinematic*

A metodologia associada ao RTK, baseia-se no princípio de que os erros que afetam o cálculo da posição absoluta no GNSS são aproximadamente iguais numa determinada área geográfica em que se esteja a trabalhar.

Esses erros resultam dos efeitos da Ionosfera, Troposfera, Órbitas dos satélites GNSS, Osciladores dos satélites e dos recetores.

O Posicionamento RTK utiliza correções de fase, fazendo uma correlação temporal e espacial dos erros, obtendo precisões centimétricas ou superiores.

Existem dois métodos de obtenção de correções em RTK, expostas nos pontos seguintes.

3.7.1. SBS (Single Base Station)

O método Base – RTK, também designada por “estação – base simples”, da denominação em inglês Single Base Station (SBS), tem a restrição da distância entre recetores a qual deve ser igual ou inferior a 10 km. No entanto, há outras limitações das quais se salientam, o facto de serem necessários pelo menos dois equipamentos GNSS e o raio de ação limitado pela distância, aumentando a degradação à medida que aumenta a distância entre o recetor Base e o recetor Móvel.

O referido método consiste em colocar um recetor GNSS (designado por estação de referência - ER), num ponto de coordenadas perfeitamente conhecidas (por ex.: Vértice Geodésico). Este pode comparar as coordenadas calculadas através do GNSS com as desse ponto (que são coordenadas rigorosas). Obtêm-se assim as correções diferenciais, que são depois radiodifundidas para outro recetor GNSS, denominado “Móvel”, para correções das coordenadas calculadas por este.

3.7.2. Rede RTK

A metodologia Rede – RTK utiliza uma estação de referência GNSS com coordenadas conhecidas com alta precisão. Da análise de cada estação resulta um conjunto de correções que, no seu conjunto permitirão modelar os erros sistemáticos numa dada região.

3.8. Rede ReNEP e Projeto SERVIR

Para apoio aos trabalhos de Topografia e Geodesia existe uma rede terrestre portuguesa, denominada ReNEP (Rede Nacional de Estações Permanentes), com estações permanentes a recolher dados dos satélites todas as 24 horas.

A ReNEP é um serviço público de geoposicionamento prestado pela DGT que, no âmbito das suas atribuições de manutenção do Referencial Geodésico Nacional, disponibiliza aos utilizadores de equipamentos GNSS as discrepâncias verificadas em antenas espalhadas pelo país, enviando-as em tempo real, via internet. Usando estas correções é possível a determinação de coordenadas geográficas com precisão superior a 10 cm, trabalhando em tempo real, apenas com um único recetor GNSS.

Por outro lado existe uma rede chamada “Projeto SERVIR”- Sistema de Estações de Referência GNSS virtuais para RTK, pertencente ao Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGEOE), cujo objetivo inicial era o de otimizar o cumprimento da missão e a atividade de produção cartográfica. Contudo, reconhecidas as mais-valias que poderiam advir para a comunidade civil e científica, foi decidido disponibilizar o sistema ao utilizador geral.

Este projeto visa estabelecer uma rede de estações de referência GNSS para posicionamento em tempo real. O sistema é constituído por três elementos: um conjunto de estações de referência, um sistema de comunicações, um centro de cálculo de vigilância e controlo.

Este sistema permite que um utilizador estabeleça uma ligação com o centro de cálculo (via WEB, GSM, GPRS ou comunicação rádio), o qual, após processadas as observações GNSS, disponibiliza as correções diferenciais aplicáveis à área onde este pretende executar o trabalho. É um conceito aparentemente simples, que se baseia no princípio de que os erros que afetam os recetores GNSS dos utilizadores que estejam no interior da rede, “são determináveis pelo sistema, em função dos erros obtidos nas estações envolvidas, permitindo calcular as correções para a posição aproximada do ER - Móvel”. Havendo forma de fazer chegar “quase instantaneamente” essas “correções” aos equipamentos dos utilizadores do sistema, é assim possível obter em tempo “quase real” as coordenadas corrigidas e precisas de qualquer ponto no terreno

Capítulo 4

4. Trabalho Prático

4.1. Trabalho de Campo

Um dos parâmetros mais importantes no decorrer de um trabalho prático, é o planeamento do mesmo. Nesse sentido, foi necessário perceber bem quais eram as tarefas a realizar, para de seguida se ordenarem de forma a não repetir processos e a evitar faltas. Numa primeira fase foi gerada uma Planta de Localização a partir do serviço de Cartografia e SIG da Associação de Municípios da Cova da Beira, (anexo 2). De seguida fez-se o reconhecimento do terreno a levantar com o objetivo de recolher informação, a qual foi usada para fazer o croqui apresentado na figura 9.

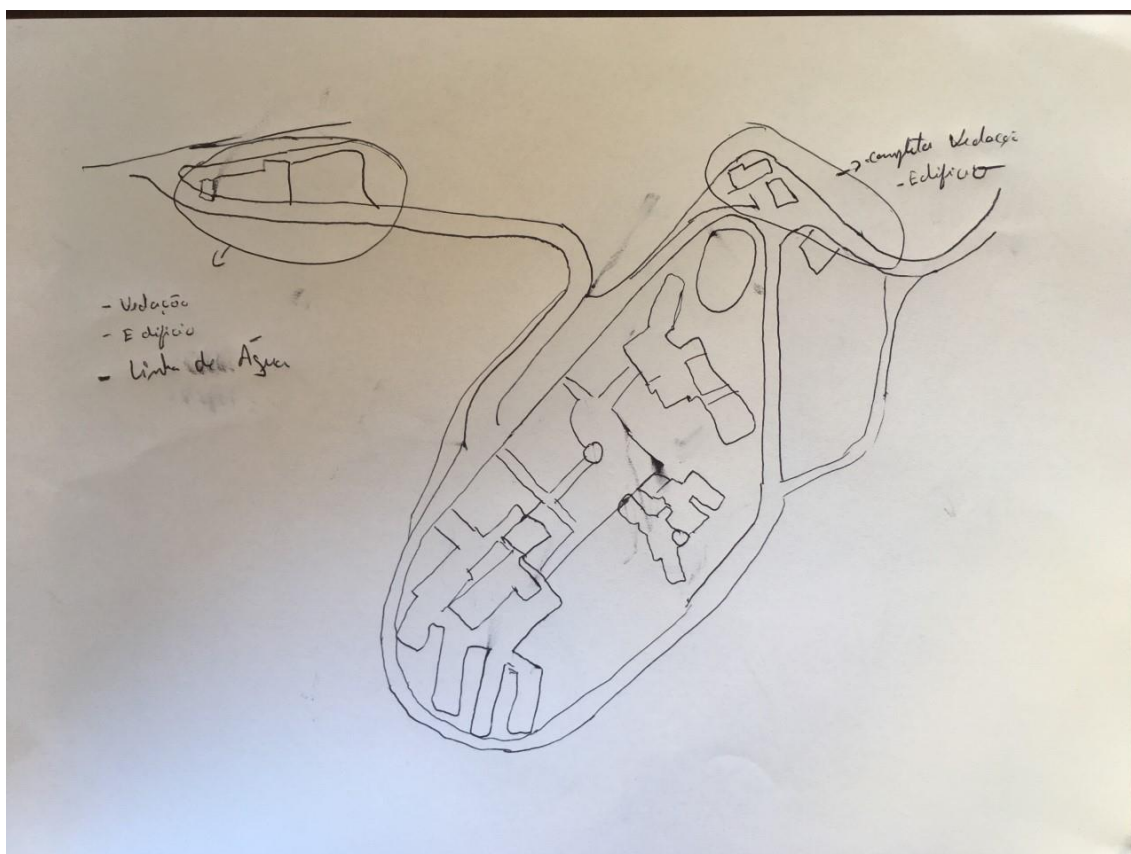


Figura 9 - Croqui

Atingida esta meta, define-se de que forma o levantamento topográfico e a rede de apoio poderá estar ligada à Rede Geodésica Nacional, ou seja, georreferenciado. No caso do presente trabalho os pontos da rede de apoio foram georreferenciados, com equipamento GNSS, estando as coordenadas obtidas no sistema PT-TM06 ETRS89; os restantes pontos foram obtidos a partir desta rede, portanto, todos os pontos do levantamento ficaram georreferenciados; vista a morosidade no levantamento topográfico completo de todo o *campus*, optou-se por atualizar o levantamento existente e a partir de pontos comuns da rede de apoio antiga e da rede nova, fazer a transformação de coordenadas do levantamento topográfico do mesmo para o sistema PT-TM06 ETRS89.

4.2. *Materialização da Rede de apoio*

Nesta fase do projeto identificaram-se todos os pontos topográficos existentes e em boas condições de utilização, cujas coordenadas no sistema Hayford Gauss *Datum* Lisboa constam na tabela 3.

	HAYFORD GAUSS DATUM LISBOA		
Pontos	M(m)	P(m)	Cota(m)
IPG 1	72181.875	97322.041	912.585
IPG 2	72199.324	97412.815	912.587
IPG 3	72168.261	97479.089	914.031
IPG 4	72093.687	97504.138	917.094
IPG 5	72031.506	97479.268	920.962
IPG 6	71976.263	97419.381	924.422
IPG 7	71926.114	97360.338	927.405
IPG 8	71879.194	97305.953	930.365
IPG 9	71867.825	97225.367	933.262
IPG 10	71883.814	97154.159	935.936
IPG 11	71978.159	97082.006	935.287
IPG 12	72037.275	97147.202	930.387
TRIÂNGULO 1	72114.839	97229.522	922.122
TRIÂNGULO 2	71875.587	97052.412	940.047
CIVIL	72061.595	97418.211	920.742
TORRE	72072.261	97402.627	921.325
B2	72024.005	97303.732	921.701
CENTRAL	72029.428	97236.966	925.420
RAMPA 1	72110.240	97068.093	946.975
BIBLIOTECA	72026.578	97383.207	924.183

Tabela 3 – Pontos Existentes no sistema Hayford Gauss - *Datum* Lisboa

Durante a análise da rede houve pontos da rede antiga que não foram encontrados ou não possuíam intervisibilidade entre si; nestes casos procedeu-se à materialização de novos pontos, num total de 5, de forma a completarem a rede: IPG 5, IPG 11, BIBLIOTECA, RAMPA 1 E RAMPA 2.

Para a materialização dos novos pontos foram considerados vários critérios:

- Intervisibilidade: possibilidade de visar pelo menos dois pontos a partir do ponto de estação;
- Localização: teve-se especial atenção à escolha da localização, para que fosse possível obter sinal de GNSS, evitando árvores ou obstáculos, e ainda evitar pontos que ao estacionar a estação total, colocassem em perigo o utilizador ou o material devido ao tráfego automóvel.

Para a materialização dos pontos no terreno utilizaram-se Geopregos como mostra a figura 10, que com a ajuda de um martelo se cravaram no solo, e posteriormente, para uma maior visibilidade pintaram-se com *spray*, identificando a sua designação, como mostra a figura 11.



Figura 10 – Geoprego na materialização de um ponto da rede de apoio



Figura 11 – Identificação do Ponto (C - Civil)

4.2.1. Georreferenciação da rede de apoio

Após a materialização da rede de apoio, procedeu-se à sua georreferenciação.

Para se dar início à georreferenciação da rede foi necessário estacionar o recetor Base do GNSS no vértice geodésico “CERCA” (figura12). Com o GNSS usou-se o método RTK, particularmente o método Single Base Station ou SBS (ver ponto 3.7.1)

Após a colocação e nivelamento da Base do GNSS, efetuou-se ainda no local, a sua configuração. Foi efetuada a ligação via rádio entre o recetor Rover e o recetor Base. Para a configuração do equipamento e depois de consultado o *site* da DGT, foram inseridas as coordenadas do vértice geodésico “CERCA”, no sistema de referência PT-TM06 ETRS89, no recetor Base, estacionando de seguida este recetor no Vértice Geodésico “CERCA”.

Depois de configurada a Base, o Rover e a ligação Base-Rover efetuada via rádio, procedeu-se ao levantamento dos pontos da rede, estacionando-se o Rover 120 segundos em cada ponto da rede, sendo as coordenadas obtidas a partir da média das 120 leituras,

ficando assim a rede de apoio do *campus* do IPG ligada à RGN (Rede Geodésica Nacional). Para a validação das coordenadas obtidas através da média dos 120 valores, usou-se como critério um erro planimétrico máximo, abaixo dos 5 milímetros,

As coordenadas planimétricas foram obtidas no sistema de coordenadas PT TM06 ETRS89, enquanto as coordenadas altimétricas foram obtidas, configurando o equipamento nos parâmetros altimétricos a partir do modelo oficial de geoide (GeodPT08), carregado na caderneta usada, ficando assim a altimetria em consonância com o *Datum* altimétrico de Cascais.



Figura 12 - Vértice Geodésico Cerca

Foi escolhido o método de RTK - SBS com Base e Rover porque nas proximidades do *campus* do IPG existe um vértice geodésico, além de ser possível coordenar todos os pontos da rede com o GNSS, visto existir boa cobertura de sinal em todos eles, à exceção do ponto Biblioteca, que foi coordenado posteriormente, com o recetor Base estacionado no ponto Civil, e com o mesmo tempo de ocupação, 120 segundos.

Neste processo, verificou-se que o erro indicado na caderneta do recetor ao final dos 120 segundos, para todos os pontos foi de 1mm na componente horizontal das coordenadas e 1mm na componente vertical, cumprindo assim o critério de 5 mm como erro máximo, para todos os pontos.

4.2.2. Resultados finais da rede de Apoio

No final de todos os pontos estarem coordenados, foi efetuada a transferência do ficheiro em formato txt com as respetivas coordenadas de cada ponto, as quais se apresentam na tabela 4. Para exemplificar a estrutura do ficheiro txt, na tabela 4 é designado o número e o nome do ponto, as coordenadas M e P e a sua cota, como consta no ficheiro txt.

Ponto	Nome Materializado	M(m)	P(m)	Cota Ortométrica (m)
9001	IPG 1	72180.546	97322.734	911.044
9002	IPG 2	72198.000	97413.508	911.037
9003	IPG 3	72166.936	97479.770	912.474
9004	IPG 4	72092.356	97504.811	915.559
9005	IPG 5	72019.928	97472.225	920.022
9006	IPG 6	71974.941	97420.065	922.886
9007	IPG 7	71924.786	97361.022	925.868
9008	IPG 8	71877.879	97306.628	928.831
9009	IPG 9	71866.537	97226.055	931.758
9010	IPG 10	71882.501	97154.860	934.394
9011	IPG 11	71970.888	97075.870	934.053
9012	IPG 12	72035.940	97147.908	928.883
9013	TRIANGULO 1	72113.520	97230.220	920.585
9014	TRIANGULO 2	71874.281	97053.127	938.510
9015	CIVIL	72060.289	97418.915	919.209
9016	TORRE	72070.965	97403.324	919.805
9017	B2	72022.681	97304.404	920.172
9018	CENTRAL	72028.109	97237.646	923.870
9019	RAMPA 1	72321.559	97063.791	965.959
9020	RAMPA 2	72124.347	97067.848	946.960
9021	BIBLIOTECA	72025.275	97383.679	922.651

Tabela 4 – Coordenadas Rede de Apoio campus IPG no sistema PT TM06 ETRS 89

4.2.3. Comparação de Coordenadas

Depois de obtidas as coordenadas, fez-se a comparação entre as coordenadas dos pontos da rede existente em Hayford Gauss *Datum* Lisboa com as coordenadas dos mesmos pontos em PT-TM06 ETRS89; esta comparação foi feita apenas para os pontos mantidos, no sentido de aferir a existência de erros grosseiros na obtenção da rede de apoio. Caso existissem valores muito díspares, isso poderia levar à conclusão de que os pontos tinham sido mal coordenados ou que a rede existente tinha erros na sua coordenação.

Na tabela 5 comparou-se os sistemas PT-TM06/ETRS89 e o sistema Hayford Gauss *Datum* Lisboa pela diferença de coordenadas M, P e cota; de seguida através das diferenças em M e em P calculou-se a distância entre o mesmo ponto nos dois sistemas. Obteve-se para as coordenadas M um valor mínimo nas diferenças de 1,288m e um valor máximo de 1,335m na direção Oeste, visto o valor da coordenada no novo sistema ser inferior ao obtido no sistema Hayford Gauss – Datum Lisboa. Para as coordenadas P, o valor de diferença mínimo foi de 0,672m e o valor de diferença máximo de 0,715m, na direção Norte, visto os valores serem superiores no sistema PT-TM06 ETRS89 relativamente ao sistema antigo; nas cotas as diferenças cifraram-se entre 1,504 e 1,557m negativas, isto é inferiores em relação ao existente. As distâncias planimétricas obtidas têm uma média de 1,487m. De notar que as diferenças foram calculadas a partir das coordenadas no sistema PT-TM 06 ETRS 89 em relação ao sistema Hayford Gauss *Datum* Lisboa.

Nome	PT-TM06 ETRS89			Hayford Gauss Lisboa			Diferenças de Coordenadas			
	M	P	Cota Ortométrica	M	P	Cota Ortométrica	ΔM	ΔP	$\Delta cota$	Distância Planimétrica
IPG 1	72180.546	97322.734	911.044	72181.875	97322.041	912.585	-1.329	0.693	-1.541	1.499
IPG 2	72198.000	97413.508	911.037	72199.324	97412.815	912.587	-1.324	0.693	-1.550	1.494
IPG 3	72166.936	97479.770	912.474	72168.261	97479.089	914.031	-1.325	0.681	-1.557	1.490
IPG 4	72092.356	97504.811	915.559	72093.687	97504.138	917.094	-1.331	0.673	-1.534	1.491
IPG 6	71974.941	97420.065	922.886	71976.263	97419.381	924.422	-1.322	0.684	-1.536	1.488
IPG 7	71924.786	97361.022	925.868	71926.114	97360.338	927.405	-1.328	0.684	-1.537	1.494
IPG 8	71877.879	97306.628	928.831	71879.194	97305.953	930.365	-1.315	0.675	-1.534	1.478
IPG 9	71866.537	97226.055	931.758	71867.825	97225.367	933.262	-1.288	0.688	-1.504	1.460
IPG 10	71882.501	97154.860	934.394	71883.814	97154.159	935.936	-1.313	0.701	-1.542	1.488
IPG 12	72035.940	97147.908	928.883	72037.275	97147.202	930.387	-1.335	0.706	-1.504	1.510
$\Delta 1$	72113.520	97230.220	920.585	72114.839	97229.522	922.122	-1.319	0.698	-1.537	1.492
$\Delta 2$	71874.281	97053.127	938.510	71875.587	97052.412	940.047	-1.306	0.715	-1.537	1.489
CIVIL	72060.289	97418.915	919.209	72061.595	97418.211	920.742	-1.306	0.704	-1.533	1.484
TORRE	72070.965	97403.324	919.805	72072.261	97402.627	921.325	-1.296	0.697	-1.520	1.472
B2	72022.681	97304.404	920.172	72024.005	97303.732	921.701	-1.324	0.672	-1.529	1.485
CENTRAL	72028.109	97237.646	923.870	72029.428	97236.966	925.420	-1.319	0.680	-1.550	1.484
Médias							-1.318	0.690	-1.534	1.487

Tabela 5 – Diferença de Coordenadas PT-TM06 ETRS89, HGLx

Pelos valores mostrados na tabela 5, bem como pelo desenho apresentado na figura 13, que é aproximadamente igual, do ponto de vista gráfico a todos os pontos mantidos da rede existente, é possível ver que a tendência linear de translação para noroeste no PT-TM06 ETRS89 em relação ao sistema Hayford Gauss *datum* Lisboa.

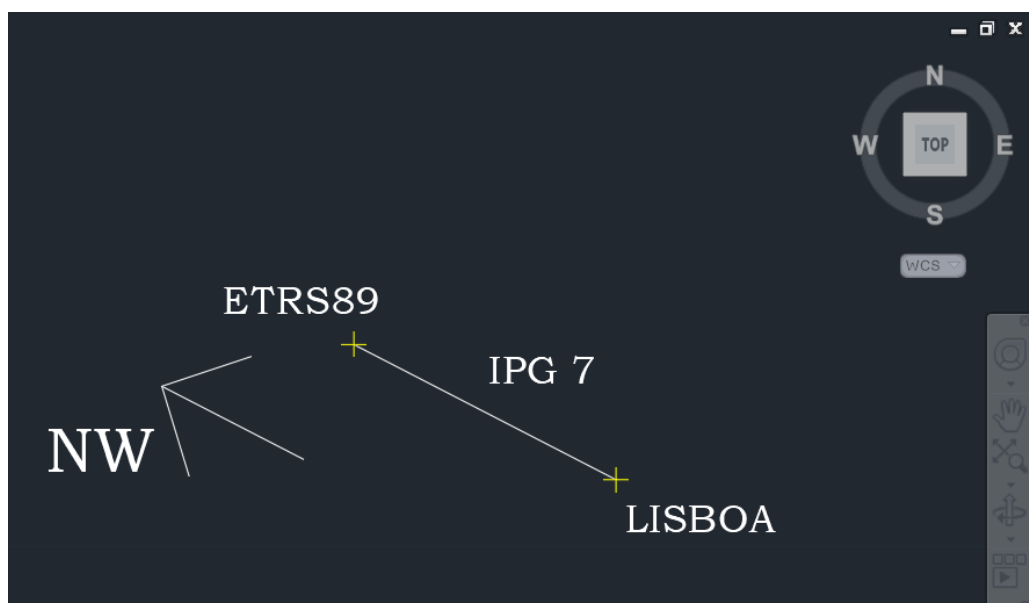


Figura 13 - Diferença de Coordenadas ETRS89 - Dt Lx (IPG 7)

4.3. Levantamento Topográfico

Depois da análise da planta topográfica existente, e verificação das discrepâncias desta com a realidade atual, identificaram-se os pontos em falta, ou a mais, para posteriormente se fazer a atualização do levantamento topográfico. O levantamento topográfico consistiu essencialmente na recolha de dados topográficos em falta na planta já existente, nomeadamente o edifício da Associação Académica, bem como alterações na linha da vedação e edifícios de oficinas, localizadas no fundo da rampa 2, junto do ponto Triangulo 2

Foi essencial fazer um croqui (ver anexo 1), onde foram definidos os elementos importantes a levantar, bem como a divisão de trabalho para cada elemento do grupo.

Foram também definidos códigos de pontos, presentes na tabela 6, para que posteriormente em gabinete se criassem os *layers* e grupos de pontos que diferenciam os tipos de elementos levantados, em campo.

Códigos	Descrição
20	Linha de Água
39	Postes
40	Edifício
43	Extrema
44	Caixa
49	Árvore
50	Baixo
59	Estrada
60	Cimo
62	Lancil
63	Muro
66	Escadas
80	Cotas

Tabela 6 – Códigos Usados

Para além das alterações apresentadas, e durante um dia no terreno recolheram-se mais de 700 pontos com o equipamento GNSS, principalmente ao longo da estrada que circunda o *campus* do IPG, bem como a vedação completa do mesmo, de forma, a que no final quando se importasse a parte do levantamento existente no sistema Hayford Gauss *Datum* Lisboa, fosse efetuada a georreferenciação para o PT-TM06 ETRS89, e se comparassem possíveis discrepâncias entre os pontos levantados e o desenho anterior. As discrepâncias encontradas foram poucas, mostrando-se que o levantamento anterior foi

feito com bastante pormenor, sendo garantida assim a escala 1/1000. No entanto estando presente no mesmo pormenores que só são perceptíveis a escalas maiores (1/500 e até 1/200), como tampas de saneamento ou caixas de 20 cm, demonstrando-se que o levantamento existente pode perfeitamente continuar a ser utilizado, visto ter sido feito com um grau de pormenor superior ao exigido, estando representados elementos que não são visíveis num desenho à escala 1/1000.

O levantamento dos elementos em falta foi feito sempre que possível com o equipamento GNSS e nos pontos onde isso não foi possível usou-se a estação total. Na secção 4.4 serão explicados alguns pormenores da estação total, bem como particularidades inerentes ao levantamento de campo feito; em relação ao equipamento GNSS-GPS, os elementos foram levantados de forma análoga ao explicado ao longo do subcapítulo 4.2.1, à exceção de se obterem os pontos com a leitura de 1 segundo e não com 120 segundos, ainda assim não comprometendo a precisão exigida.

Para o levantamento com o GNSS o equipamento foi configurado com tolerância máxima de 1,5cm em planimetria e 3 cm em altimetria.

4.4. Levantamento do Edifício da Associação Académica

A estação total foi usada apenas na área à volta do edifício da Associação Académica, tendo sido usadas cinco estações para o efeito: duas que serviram apenas de orientação e três onde efetivamente se estacionou para registar os elementos em falta.

4.4.1. Condições de Estação

A fase de estacionamento do instrumento e do nivelamento do mesmo é essencial para a obtenção correta dos dados a levantar. Numa primeira fase deve nivelar-se o equipamento sobre o tripé de forma a que a base do equipamento fique perto da horizontal e a uma altura que seja a adequada e cómoda para o utilizador e fixar as pernas do tripé ao solo. De seguida, coloca-se o equipamento em cima da base e liga-se. Depois de ligada, a estação total deverá automaticamente apresentar o aviso de equipamento desnivelado e seguir para o menu de nivelamento, caso contrário o utilizador deve aceder ao menu de nivelamento a partir do menu acessível pela tecla *FNC*. Antes de nivelar o equipamento deve colocar-se a sua vertical exatamente coincidente com o ponto efetivado, no caso

com o centro do *geoprego*, através do raio laser; de seguida devem mover-se as pernas do tripé de forma a nivelar primeiramente, a nível do equipamento (esférica) com menor precisão e de seguida a nível central (tórica) de maior precisão. Depois de nivelar as níveis deve verificar-se a coincidência da vertical do equipamento com o *geoprego*. De seguida, no menu nivelamento do equipamento e através dos três parafusos nivelantes do mesmo deve nivelar-se o equipamento de forma que as marcas verticais e horizontais no ecrã coincidam com o centro simultaneamente, colocando o equipamento numa primeira fase colinear com o alinhamento de dois dos parafusos, movendo os dois laterais no mesmo sentido e contrário ao desequilíbrio horizontal correspondente que aparece no ecrã e o parafuso frontal deve mover-se no sentido contrário ao desequilíbrio vertical que aparece no ecrã; finalmente deve rodar-se o equipamento aproximadamente de 100 em 100 graus para verificar a manutenção da verticalidade. Sempre que se conseguir essa verticalidade, deve verificar-se a coincidência da direção do prumo com o ponto de apoio pretendido, com o maior rigor possível, com vista a minimizar erros. Este processo é de crucial importância a uma correta recolha de dados dos pontos.

O equipamento encontrava-se em estação quando se introduziram as coordenadas reais, obtidas com o GNSS, ficando o levantamento georreferenciado quando se orientou em função das coordenadas de outra estação, também previamente obtidas com o GNSS.

4.4.2. Rede de Apoio auxiliar e Georreferenciação

Para realizar o levantamento dos elementos em falta junto ao edifício da Associação Académica, pelo método clássico foi necessário materializar cinco novos pontos de apoio. Depois de materializados com estacas e geopregos, os cinco pontos foram coordenados pelo método RTK, com o recetor base estacionado no ponto Rampa 1, previamente coordenada (ver ponto 4.2.2) com um tempo de ocupação de 120 segundos em cada novo ponto da rede. As coordenadas obtidas para esta rede auxiliar estão presentes na tabela 7.

Nome do Ponto	M(m)	P(m)	Cota(m)
7001	72270.297	97060.606	960.996
7002	72269.246	97017.430	959.784
7003	72308.645	97013.567	967.781
7004	72349.728	97020.819	970.066
7005	72025.275	97383.679	922.651

Tabela 7 – Pontos Estação

4.4.3. Recolha de pontos

Depois de estar estacionado e orientado, o equipamento está pronto a registar os pontos que fazem parte do trabalho. No caso da estação total *Leica TCR 803*, é possível criar uma lista de códigos para assim ser mais fácil relembrar no terreno e assim organizar os pontos em função da sua especificidade.

Identificados os códigos em função dos componentes e critérios escolhidos na recolha dos pontos, e depois de iniciar o trabalho, os pontos foram recolhidos com a indicação da altura do prisma, que vai variando, em função das condições de intervisibilidade e o código referente a cada ponto a registar; no menu é possível alterar também o número do ponto a registar, caso contrário o *software* segue a ordem sequencial. De notar que o bastão usado tem a altura mínima de 1.30 metros e foi essa altura que se optou por usar sempre que as condições de visibilidade permitiam, a fim de minimizar erros devido à não verticalidade do bastão.

O processo de focagem deve ser feito com o máximo rigor, estando o ponto de interseção das duas linhas de visada coincidentes com o centro do prisma; para além do cuidado por parte do operador da estação, o “porta-miras” deverá ter o máximo cuidado em assegurar a verticalidade do bastão, bem como a coincidência do ponto a registar.

Visto algumas zonas do edifício e da zona circundante da Associação Académica e do respetivo limite serem inacessíveis, optou-se por usar a funcionalidade “sem prisma” da estação total, com a luz *laser* ligada. Esta opção é menos precisa do que a opção “com prisma” devido à possibilidade de variação da refração do laser na superfície a medir. Para além desse aspeto, esta opção, tem o risco de interferência de elementos como pequena vegetação, na visada de um ponto pelo que se teve especial cuidado, principalmente na focagem ainda mais rigorosa dos pontos notáveis a levantar. Para além disso foi feita uma análise posterior, já em gabinete, no sentido de detetar possíveis erros grosseiros, que poderiam ter sido levantados equivocadamente. De notar que estes erros não acontecem no modo “com prisma”, visto a estação total, caso haja interferência entre o ponto a levantar e o semi-refletor, não registar o ponto e avisar o operador do sucedido, possibilitando ao operador a correção deste erro no terreno.

Capítulo 5

5. Trabalho de Gabinete

O trabalho de gabinete consiste na união dos pontos e correção dos erros feitos no terreno, sendo também a altura em que se podem verificar incongruências e omissões que podem levar à repetição de uma parte ou de todo o trabalho, ou a necessidade de alterações do mesmo. Todo o trabalho previamente descrito deve ter em conta esta fase do processo, visto o objetivo de um levantamento topográfico ser a representação cartográfica da área de intervenção. Por exemplo, a escolha de *layers* deve ser feita no campo, tendo em conta os elementos que devem constar no desenho final.

5.1. Criação de Grupos de Pontos

Depois de importados os pontos, na *toolspace* do programa e no ícone referente a *pointgroups*, acede-se ao menu mostrado na figura 14; de seguida foram criados os *layers* e grupos de pontos respetivos a cada um dos elementos presentes no trabalho, bem como as *labels*, isto é o conteúdo a indicar por cada um.

Este processo pode ser moroso no início, mas permite uma melhor gestão do tipo de informação que se quer ver nos *layouts* a apresentar no final do trabalho, bastando para isso editar as *labels*.

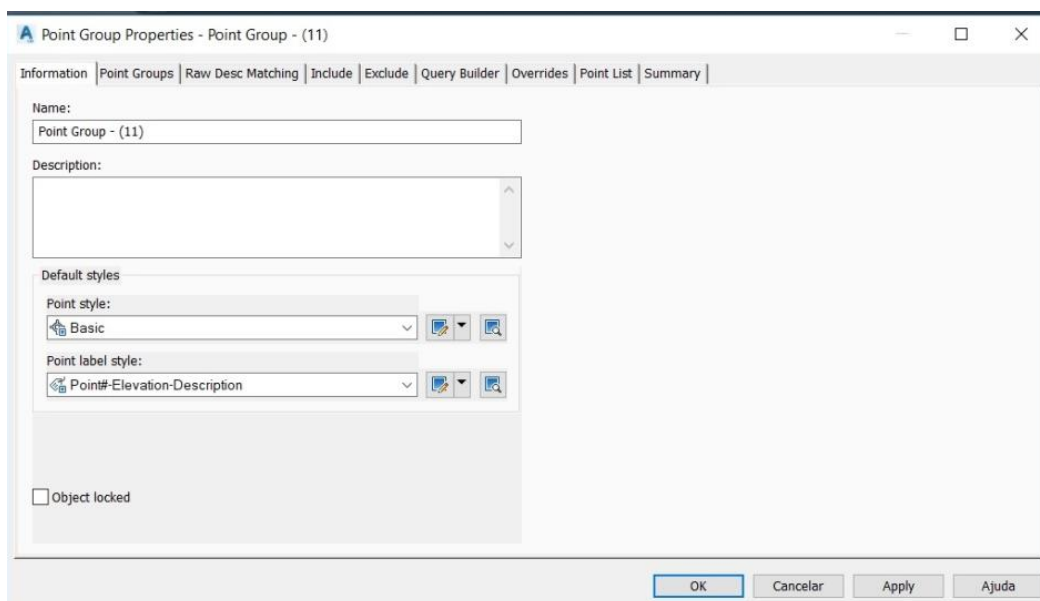


Figura 14- Point Group

As *labels* foram individualizadas, de acordo com o grupo de pontos, ao longo dos diferentes passos do trabalho em gabinete. Em cada grupo de pontos criado no separador *Querybuilder* (figura 15), associou-se o número do código, através da opção *Rawdescription*, associando assim os pontos importados com um número da descrição do mesmo ao código respetivo.

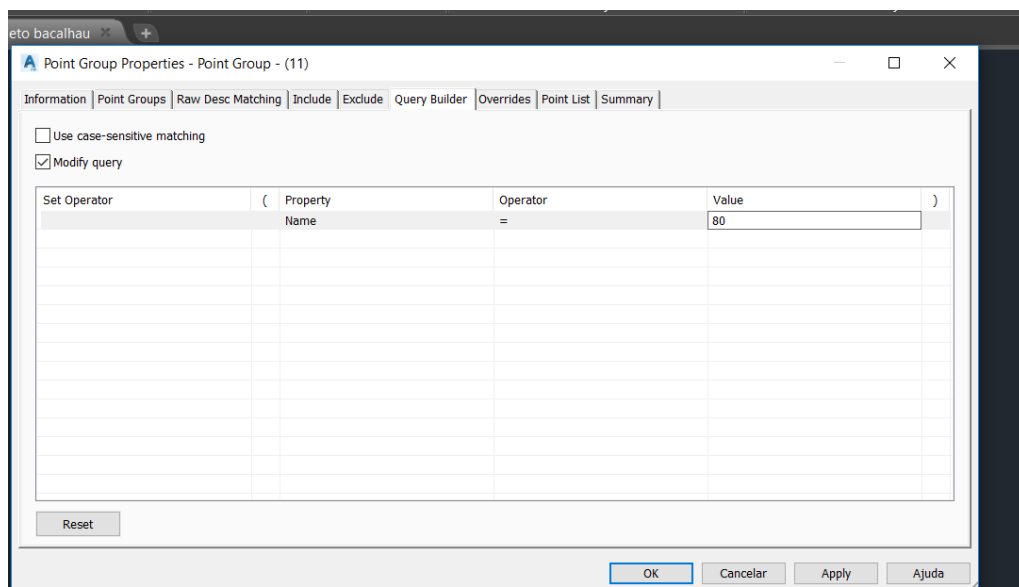


Figura 15 - Menu QueryBuilder

Por exemplo, tendo em conta a tabela 6, no grupo de pontos extrema associou-se a descrição ao número 43; posteriormente associou-se o *layer* de cada grupo de pontos para o *layer* correspondente, ficando assim tudo coerente, quer do ponto de vista dos grupos de pontos e aspeto de cada grupo, bem como dos pontos individualmente que passaram a ficar associados ao *layer* que lhes corresponde.

5.2. *Desenho da Planimetria*

Depois de criados os grupos de pontos e associados os pontos aos respetivos *layers*, fizeram-se os desenhos, desligando todos os *layers* à exceção do respetivo ao elemento a desenhar. Para isso usou-se o comando *layer* que mostra todos os *layers* do trabalho, como mostra a figura 16; selecionam-se todos os elementos da lista e através do ícone *off* desativaram-se. De seguida, no mesmo ícone mas selecionando apenas o *layer* respetivo do elemento a desenhar, ativa-se este, aparecendo somente os pontos pretendidos. É bastante importante que as associações dos *layers* aos grupos de pontos tenham sido feitas corretamente, caso contrário, todo o processo seguinte pode ficar comprometido.

Ativados os pontos do *layer* a desenhar, unem-se os pontos com linhas, através do comando *polyline* e com a ferramenta *Node* ligada, de forma a seleccionar o ponto rigorosamente.

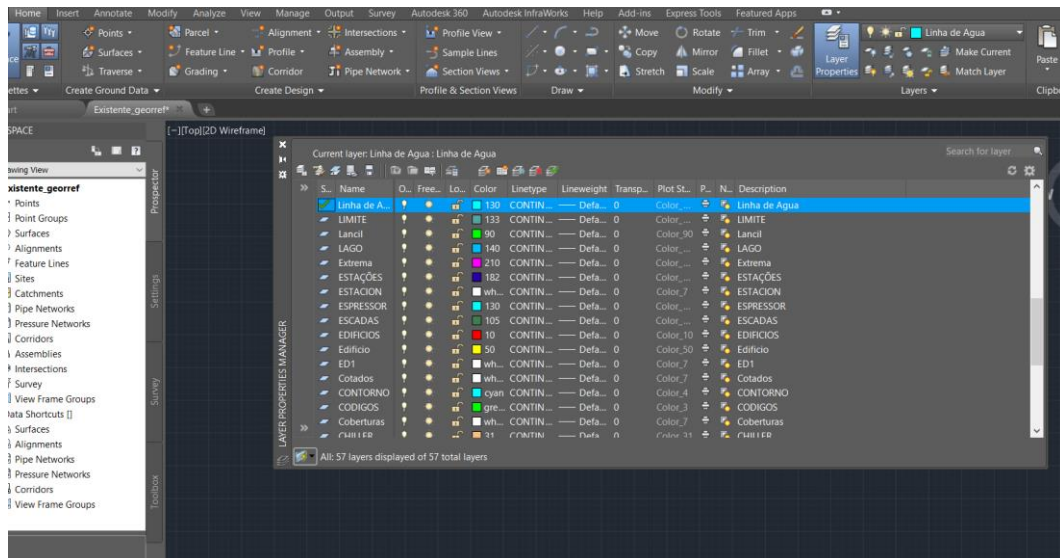


Figura 16 - Menu Layers

De notar que nesta fase é necessário o Engenheiro Topógrafo ter um bom conhecimento dos elementos a desenhar, recorrendo sempre que necessário ao Croqui feito no início do trabalho (anexo 1) e a uma boa cobertura fotográfica da zona a levantar, (figuras 17 e 18). Caso estes elementos não sejam suficientes para esclarecer dúvidas no desenho pode ser necessário visitar o local para confirmar ou alterar algum pormenor.



Figura 17 - Fotografia de Apoio Oficinas



Figura 18 - Fotografia de Apoio Escadas AAG

O desenho do edifício da Associação Académica da Guarda foi feito tendo em conta o perímetro de implantação do edifício resultando na figura 19.

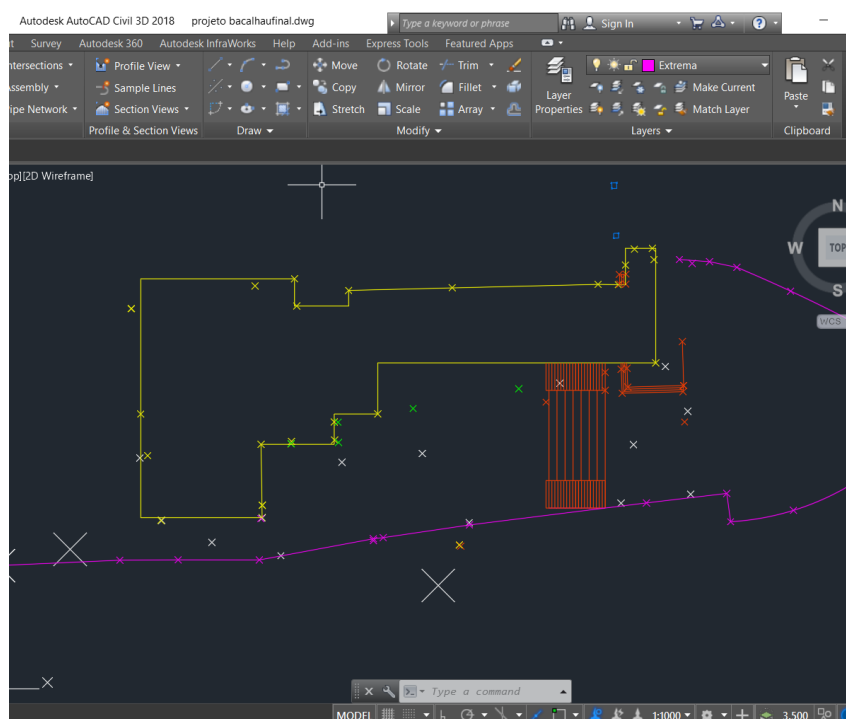


Figura 19 - Edifício Associação Académica e área circundante

Para além do edifício da Associação Académica da Guarda foi desenhada a linha de água, junto à vedação, mostrada na figura 20, bem como o lancil, o limite e as escadas na parte de trás do edifício, presentes na figura 19.

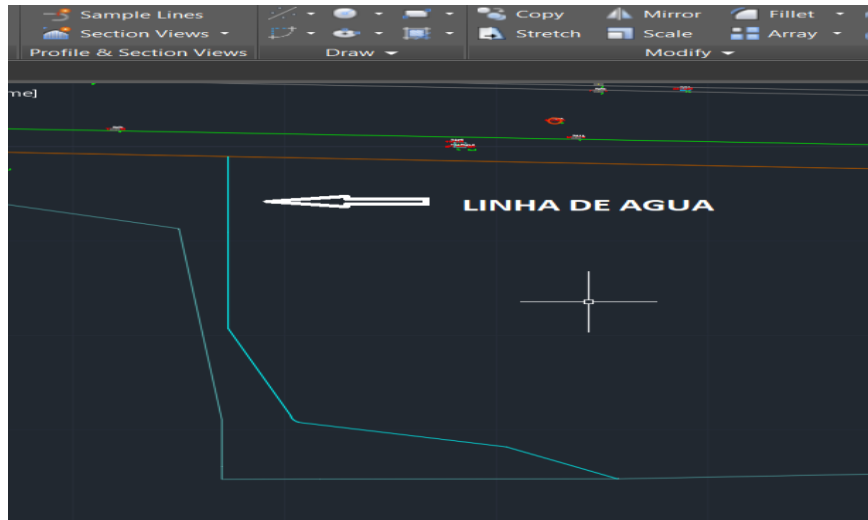


Figura 20 - Desenho Linha de Água junto à Associação Académica

Na representação das escadas fez-se um *offset* a partir dos pontos de baixo e de cima levantados no terreno com a distância de 29 cm, medidas indiretamente a partir de pontos levantados, resultando o desenho da figura 21.

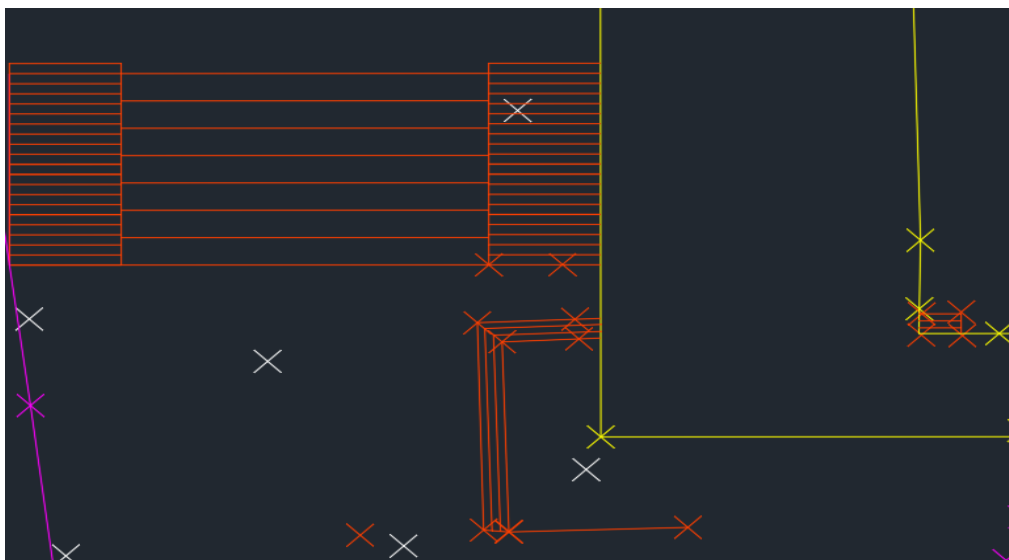


Figura 21 - Pormenor Escadas

5.3. *Importação e Transformação de coordenadas do Levantamento Existente*

O trabalho de desenho em gabinete foi feito na base do levantamento existente cedido pela professora orientadora, Professora Elisabete Soares, pelo que, a primeira coisa a fazer foi abrir o ficheiro em formato *dwg*. De seguida importaram-se os pontos da rede de apoio, a partir do comando *importpoint* e selecionando o ficheiro txt gerado a partir do trabalho de campo, com a configuração PENZD selecionada, como mostrado na figura 22, de forma as coordenadas, número dos pontos e códigos escolhidos serem corretamente importados. Após a importação dos pontos e sabendo de antemão, como explicado ao longo do presente relatório, quais os pontos da rede mantidos, transformaram-se as coordenadas do sistema Hayford-Gauss *Datum* Lisboa para o sistema PT-TM06 ETRS89.

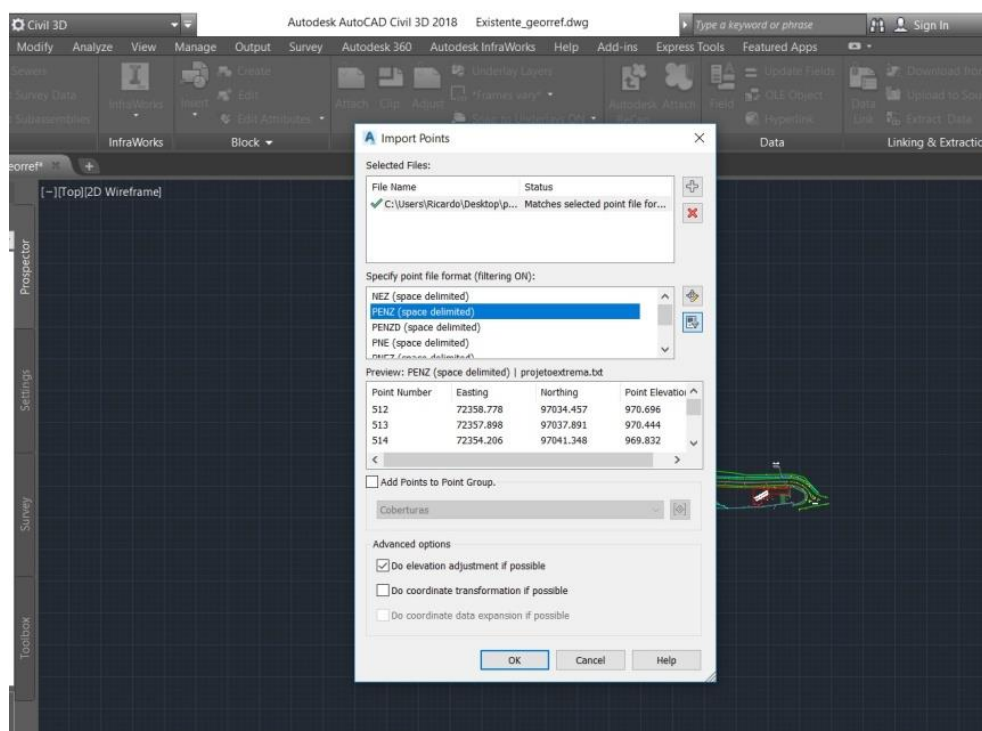


Figura 22 – Comando *ImportPoints*

A transformação das coordenadas do levantamento existente para PT-TM06 ETRS89, baseou-se simplesmente na ferramenta *Addersheet* do AutoCad Civil 3D 2018, mostrada na figura 23.

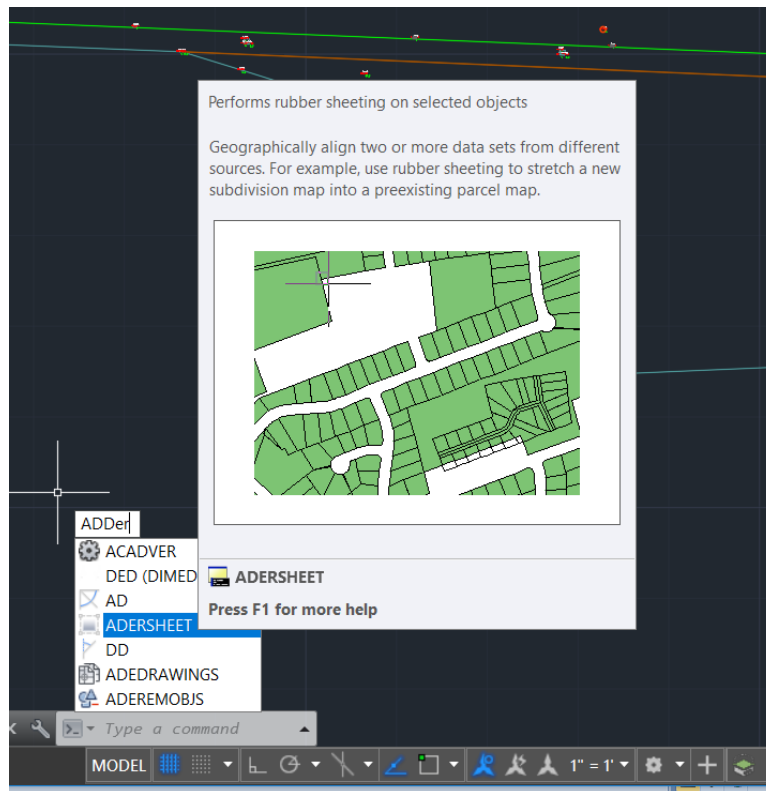


Figura 23 - Comando ADERSHEET [Autocad,2018]

Nos vértices mantidos da antiga rede, e com o comando atrás nomeado, clicou-se em cima do ponto antigo com a ferramenta *Node* ativada, para garantir a máxima exatidão, clicando de seguida no ponto correspondente, na nova rede (georreferenciado em PT-TM06 ETRS89), repetindo este processo para todos os pontos, dando *Enter*, depois de todos os pontos terem sido incluídos no processo. Depois de usado o comando *Addersheet* o trabalho ficou georreferenciado no novo sistema, ao qual se juntaram os levantamentos efetuados e que completam o anterior, como será explicado no subcapítulo seguinte.

5.4. *Desenho Final*

Após ter sido feita a transformação de coordenadas do levantamento para o sistema de referência PT-TM06 ETRS89, procedeu-se à junção de todas as peças desenhadas num só desenho, (anexo 4); para isso, após selecionar os elementos do desenho com os elementos acrescentados, visível na figura 24, com o comando *copy*, copiaram-se para dentro do restante desenho, completando assim o levantamento existente.



Figura 24 - Levantamento limites e Edifício da Associação Académica

Depois de todo o desenho a importar selecionado abriu-se o desenho final e com o comando *paste to original coordinates*, mostrado na figura 25 colou-se o desenho. Feito este procedimento, verificaram-se as posições de dois pontos presentes em ambos os levantamentos de forma a garantir que no processo de cópia os elementos não saíram das respetivas posições. Neste passo foram escolhidos os pontos pertencentes à rede de apoio, Triângulo 2 e Rampa 1, visto terem sido obtidos com maior precisão que os restantes e se encontrarem nas duas partes do levantamento de campo efetuado, isto é um junto ao edifício da Associação Académica e outro junto ao edifício das Garagens.

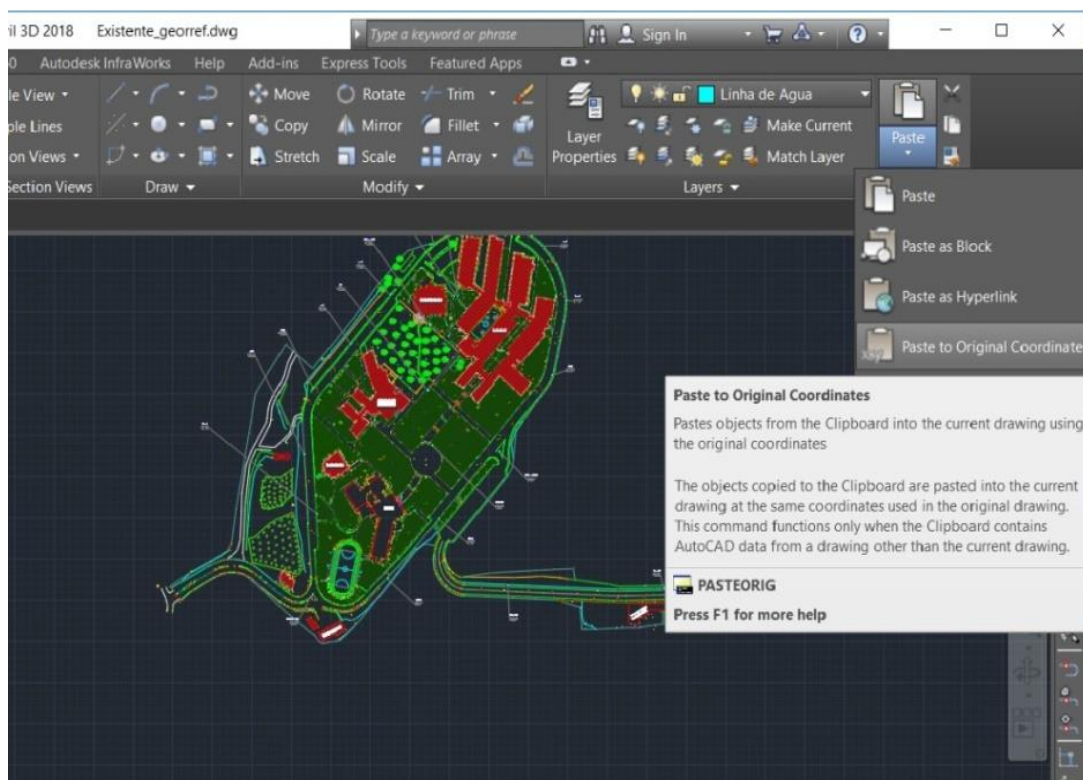


Figura 25 - Paste To Original Coordinates

Ao juntar os desenhos e conhecendo a zona de antemão, verificou-se uma incongruência no alinhamento da vedação junto às garagens, bem como junto ao edifício da Associação Académica, como mostram as figuras 26 e 27, bem como a forma do edifício das Garagens não estar desenhada em conformidade com a realidade. Devido a estas discrepâncias, voltou-se ao local para completar o desenho e tirar algumas dúvidas existentes.

Após todo o desenho completo resultou a planta topográfica final, apresentado no anexo 5.

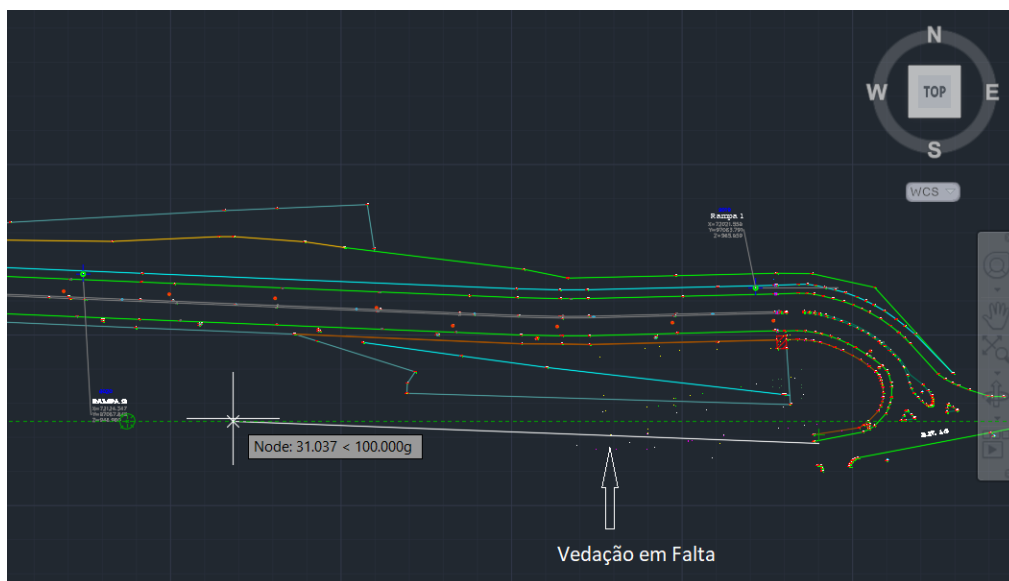


Figura 26 - Vedação Edifício Associação Académica



Figura 27 - Vedação Junto as Oficinas

Capítulo 6

6. Criação de um SIG

Sabendo da grande utilização da rede de apoio ao longo de várias unidades curriculares do curso de Engenharia Topográfica, fez-se um SIG, em *software* ArcGis 10.5.1, de forma a agilizar a informação e a facilitar a localização no terreno dos pontos da rede de apoio.

6.1. Formatação do Trabalho

Em trabalhos onde existe uma grande quantidade de dados e existe a qualquer altura a hipótese de poderem ser somados novos ficheiros, é importante numa fase inicial, padronizar alguns aspetos básicos das imagens, para assim ser mais fácil integrar essa informação no trabalho existente.

Depois de criado o ficheiro *rede_IPG* em formato *ArcMap*, abriu-se o *ArcCatalog* e associou-se através da função *Folder Connections* a pasta *rede_IPG* ao trabalho e copiaram-se os dados fornecidos para a mesma, de forma a ter toda a informação na mesma pasta. No mesmo separador desativaram-se todas as conexões existentes, usadas para outros trabalhos, de forma a evitar gravações em locais errados. De seguida e dentro da pasta relativa ao trabalho criou-se uma *geodatabase* com o nome *New Personal Geodatabase*; dentro desta, criou-se uma *Feature class*, com o nome Pontos, do tipo pontos e com coordenadas M e P associadas, bem como as coordenadas Z, associando às coordenadas planimétricas o sistema de coordenadas ETRS 1989 Portugal TM06 e o *Datum* Cascais às coordenadas altimétricas. Para este último passo usou-se o caminho View – *DataFrameProperties* e do menu presente na figura 28. Para além das coordenadas como dados alfanuméricos desta *Feature Class* usaram-se também os atributos Observações e Descrição, bem como o atributo imagem, do tipo *Raster*, de forma a associar a cada ponto a fotografia correspondente.

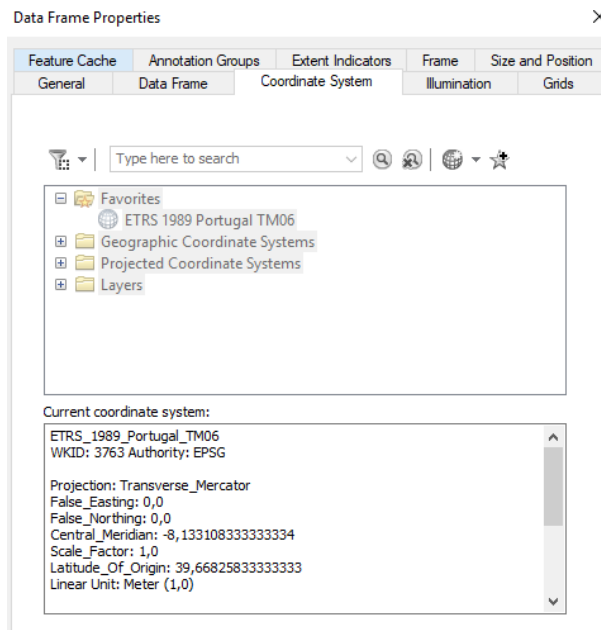


Figura 28 - Sistema de Coordenadas Escolhido

Para além dessas pré-formatações e através do ícone *ArcToolbox* escolheram-se as ferramentas mais importantes para a realização do trabalho em particular.

6.2. Georreferenciação da Imagem

Para a realização do *SIG* usaram-se dois ficheiros de base: Uma imagem aérea do *campus do IPG*, retirada do *Google Earth* e o ficheiro *rede_IPG.txt*, com as coordenadas M, P e Cota de cada ponto da rede. Para isso importaram-se os ficheiros a partir do ícone *Add Data*. Depois de importados os ficheiros associou-se o ficheiro dos pontos às respetivas coordenadas, selecionando a opção *Display XY Data*; depois de abrir o menu da figura 29, associaram-se os campos X, Y e Z, aos dados M, P e Cota, respetivamente, de forma os pontos serem visíveis de acordo com as suas coordenadas. Este procedimento permite criar uma Shapefile com os pontos da rede de apoio.

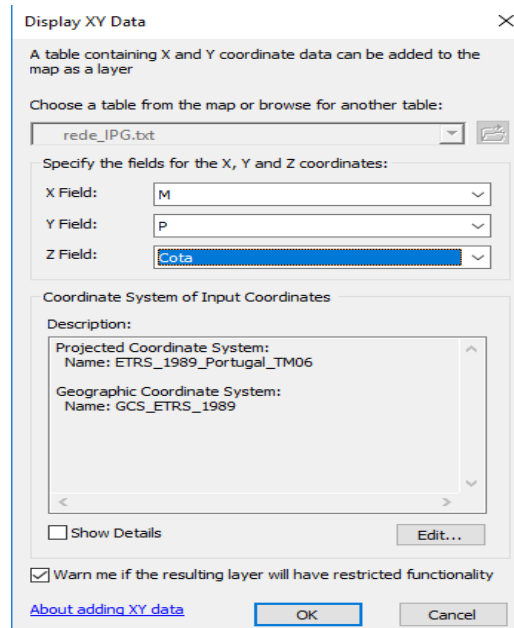


Figura 30 - Menu de associação das coordenadas dos pontos

Usando a ferramenta Georreferencing e através do ícone Add Control Points clicou-se em cima do ponto da rede de apoio com o maior rigor possível, tendo o conhecimento da localização do mesmo na imagem. Para georreferenciar a imagem foram escolhidos os pontos assinalados a vermelho na figura 30. O critério de escolha dos pontos foi o de abranger de uma forma homogénea toda a área do campus do IPG.



Figura 29 - Pontos de apoio escolhidos para a georreferenciação

Visto a imagem ser um elemento de apoio, usou-se como critério de erro médio quadrático máximo da georreferenciação de 50 cm, tendo sido aceite o valor de 15 cm; os valores dos erros da georreferenciação estão apresentados na tabela 8.

Link								
			Total RMS Error:		Forward:0,15379			
	Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual_x	Residual_y	Residual
<input checked="" type="checkbox"/>	1	342,987373	-473,994712	72026,838997	97238,916003	0,0751685	-0,0900582	0,117306
<input checked="" type="checkbox"/>	2	848,331582	-795,013535	72320,074685	97061,401808	-0,0434205	0,0899438	0,0998761
<input checked="" type="checkbox"/>	3	67,840613	-802,185531	71874,281000	97053,127000	-0,0339081	0,145815	0,149705
<input checked="" type="checkbox"/>	4	498,553748	-483,070765	72115,848338	97234,559175	0,075688	-0,201097	0,214869
<input checked="" type="checkbox"/>	5	340,643142	-351,130863	72023,620273	97307,989111	-0,0272098	-0,0783279	0,0829194
<input checked="" type="checkbox"/>	6	472,570785	-2,389212	72093,903816	97505,128501	-0,0719848	0,271251	0,280641
<input checked="" type="checkbox"/>	7	598,614589	-50,456556	72166,714411	97478,440466	0,032551	-0,0874204	0,093284
<input checked="" type="checkbox"/>	8	84,228975	-346,854590	71877,085248	97309,009255	-0,00688436	-0,0501067	0,0505774

☒ Auto Adjust
☐ Degrees Minutes Seconds

Transformation: 1st Order Polynomial (Affine)
 Forward Residual Unit : Unknown

Tabela 8 – Erros Resultantes da Georreferenciação [m]

6.3. Associação dos Pontos à Feature Class

Para associar os pontos à *Feature Class* Pontos, usou-se o comando *Editor-Start Editing*, escolhendo a *feature class* Pontos; de seguida no menu editor clicou-se em *Create features* e no ícone *Point*; de seguida clicou-se em cada ponto de forma a criar uma linha na tabela de atributos, pela ordem pretendida.

Depois de associar os 21 pontos da rede procedeu-se ao preenchimento dos dados alfanuméricos, segundo os atributos previamente criados (ver subcapítulo 6.1), resultando a tabela 9.

Pontos							
OBJE	Nome	M	P	Cota Ortométrica	Descrição	Pontos Visáveis	Foto
1	IPG1	72180,546 m	97322,734 m	911,044 m	Geoprego localizado no passeio, a nascente do edifício da ESTG	IPG2, Triângulo1 e IPG12	<Raster>
2	IPG2	72198,000 m	97413,508 m	911,037 m	Geoprego localizado no passeio, a nascente do edifício da ESTG	IPG1, IPG3 e Rampa2	<Raster>
3	IPG3	72168,936 m	97479,770 m	912,474 m	Geoprego localizado no passeio, a norte do edifício da ESTG	IPG2, IPG4 e o vértice geodésico Cerca	<Raster>
4	IPG4	72092,356 m	97504,811 m	915,559 m	Geoprego localizado no passeio, junto ao laboratório de Civil	IPG3 e IPG5	<Raster>
5	IPG5	72019,928 m	97472,225 m	920,022 m	Geoprego localizado no passeio, a poente do edifício da ESTG	IPG4, IPG6, Civil e Torre	<Raster>
6	IPG6	71974,941 m	97420,065 m	922,886 m	Geoprego localizado no passeio, a poente da Biblioteca	IPG 5, IPG 7 e Biblioteca	<Raster>
7	IPG7	71924,786 m	97361,022 m	925,868 m	Geoprego localizado no passeio, a poente dos Serviços Centrais	IPG6 e IPG 8	<Raster>
8	IPG8	71877,879 m	97306,628 m	928,831 m	Geoprego localizado no passeio, a poente dos Serviços Centrais	IPG7 e IPG9	<Raster>
9	IPG9	71866,537 m	97226,055 m	931,758 m	Geoprego localizado no passeio, junto às piscinas	IPG8 e IPG10	<Raster>
10	IPG10	71882,501 m	97154,860 m	934,394 m	Geoprego localizado no passeio, a poente do edifício da ESE	IPG9 e Triângulo 2	<Raster>
11	IPG11	71970,888 m	97075,870 m	934,053 m	Geoprego localizado no passeio, a nascente do edifício da ESE	Triângulo2 e IPG12	<Raster>
12	IPG12	72035,940 m	97147,908 m	928,883 m	Geoprego localizado no passeio, a nascente do edifício da ESE	IPG11, Triângulo1 e IPG1	<Raster>
13	Triângulo1	72113,520 m	97230,220 m	920,585 m	Geoprego, localizado na ilha de trânsito ao fundo da rampa principal	IPG12,Central,B2,Rampa2,IPG1 e o vértice Cerca	<Raster>
14	Triângulo2	71874,281 m	97053,127 m	938,510 m	Geoprego, localizado na ilha de trânsito ao fundo da rampa secundária	IPG9 e IPG11	<Raster>
15	Civil	72060,289 m	97418,915 m	919,209 m	Geoprego, localizado junto à entrada das engenharias da ESTG	IPG5 e Torre	<Raster>
16	Torre	72070,965 m	97403,324 m	919,805 m	Geoprego, localizado junto à ESTG	IPG5, Civil e Biblioteca	<Raster>
17	Biblioteca	72025,275 m	97383,679 m	922,651 m	Geoprego, localizado nas escadas de acesso à biblioteca	IPG6 e Torre	<Raster>
18	B2	72022,681 m	97304,404 m	920,172 m	Placa metálica encastrada num maciço de betão, localizado a sul da ESTG	Central, Triângulo1 e Rampa1	<Raster>
19	Central	72028,109 m	97237,646 m	923,870 m	Geoprego localizado no largo junto à ESE, ao cimo da escadaria	B2, Triângulo1 e Rampa1	<Raster>
20	Rampa1	72321,559 m	97063,791 m	946,960 m	Geoprego localizado no passeio ao cimo da rampa principal	B2, Central e o vértice Geodésico Cerca	<Raster>
21	Rampa2	72124,347 m	97067,848 m	965,959 m	Geoprego localizado no passeio a meio da rampa principal	IPG2,Triângulo1 e vértice geodésico Cerca	<Raster>

Tabela 9 – Tabela Pontos Preenchida

Para além dos dados alfanuméricos associou-se uma imagem a cada ponto, de forma a facilitar a localização dos pontos no terreno. Clicando no ponto com o modo *Identify* ativado tem-se acesso às informações do mesmo, bem como à fotografia, carregando em

cima do atalho *Raster*, podendo posteriormente aumentar o tamanho da janela e da imagem, tornando a fotografia mais visível, como mostra a figura 31.

Para além das imagens é também possível visualizar todos os atributos associados ao ponto selecionado.

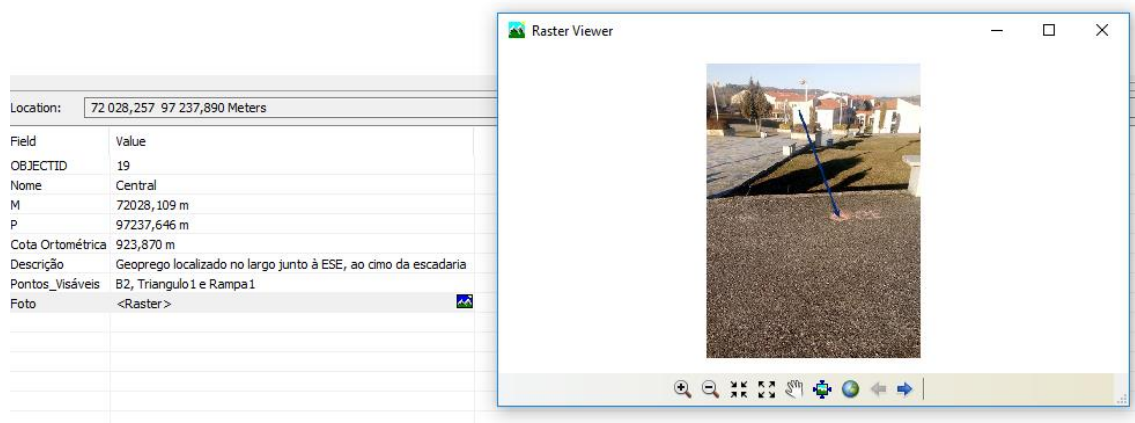


Figura 31 - Menu Identify do ponto Central e respetiva fotografia

Capítulo 7

Discussão e Conclusão

O presente trabalho incluiu aplicações bastante práticas das mais variadas unidades curriculares lecionadas ao longo dos três anos do curso de Engenharia Topográfica: o conhecimento dos diferentes tipos de sistemas de referência usados, essencial para se perceber e aplicar a georreferenciação inclui matérias abordadas ao longo das disciplinas de Topografia I e Elementos de Cartografia ou até de Geodesia Geral e Cartografia Matemática; já os levantamentos e a coordenação das novas estações foram feitos na base de disciplinas como Sistemas de Posicionamento e Navegação por Satélite e de Topografia Aplicada.

Como se notou, ao longo do desenvolvimento do projeto, houve necessidade de se ter em conta o existente e os elementos a levantar, situação que pode acontecer no dia-a-dia de um Engenheiro Topógrafo e para o qual deve estar preparado, conseguindo assim poupar-se algum trabalho de campo, embora se deva, na medida do possível, verificar a coincidência de pontos, que se sabe com segurança a sua manutenção, para verificar erros principalmente depois da georreferenciação do levantamento anterior, como se viu no subcapítulo 4.2.1.

Este trabalho pode ser bastante útil para apoiar as unidades curriculares do curso, visto ter sido renovada a rede e atualizada para o sistema de coordenadas em vigor, mas deixa em aberto possíveis trabalhos futuros que se podem nele apoiar ou completar; o levantamento atual não tem modelação digital do terreno, o que pode ser colmatado com a elaboração de um levantamento altimétrico; outras hipóteses de trabalhos futuros são SIG temáticos, na base geográfica deste levantamento, ou melhorias na rede de apoio como a comparação futura com nivelamentos geodésicos a partir do vértice Cerca e comparar os dados obtidos com GNSS.

Relativamente ao SIG criado, para além do aumento da acessibilidade e disponibilidade da localização dos pontos da rede de apoio, é um exemplo de como o Engenheiro Topógrafo pode transformar um “simples” levantamento topográfico, num SIG com bastante informação alfanumérica e de imagem; num caso prático de engenharia, este SIG poderia ser disponibilizado numa plataforma SIG, no site de uma câmara municipal, ou

até mesmo em plataformas massificadas como o *Google Earth*, possibilitando o acesso a dados alfanuméricos e geográficos para toda a comunidade.

Bibliografia

DGT 2018,

http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/geodesia/sistemas_de_referencia/portugal_continental/pt_tm06_etr89____european_terrestrial_reference_system_1989_2/

<http://sigamcb.pt/visualizador/guarda> (sítio oficial da Associação de Municípios da Cova da Beira, consultado em Novembro de 2018

http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/geodesia/sistemas_de_referencia/portugal_continental/datum_lisboa_obsoleto_substituido_pelo_sistema_pt_tm06_etr89_/ (sítio oficial da Direção Geral do Território, consultado em Outubro de 2018

https://www.igeoe.pt/downloads/file129_pt.pdf (Boletim do IGeoE, Nº 68, Lisboa, Novembro de 2006, “IGeoE e o projecto SERVIR – “Sistema de Estações de Referência GNSS Virtuais” para RTK), consultado em Outubro de 2018

<https://slideplayer.com.br/slide/1656715/> (Sitio UFBA), consultado em Novembro de 2018

LeicaGeosystems, *Leica TPS800 Series Manual do Usuário*, Heinrich-Wild-Strasse, Suíça, 2005

Matos J. (2007), “*Geodesia e Sistemas de Referência*”, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura – Instituto Superior Técnico, Lisboa

Monteiro A. *Apontamentos de Sistema de Informação Geográfica*, Instituto Politécnico da Guarda, Guarda, 2018

Monteiro E. *Apontamentos de Topografia I – Engenharia Topográfica*, Instituto Politécnico da Guarda, Guarda, 2018

Patrício G., *Apontamentos Geodesia Geral – Engenharia Topográfica*, Instituto Politécnico da Guarda, Guarda, 2018

Soares E., *Apontamentos de Topografia Aplicada – Engenharia Topográfica*, Instituto Politécnico da Guarda, Guarda, 2018

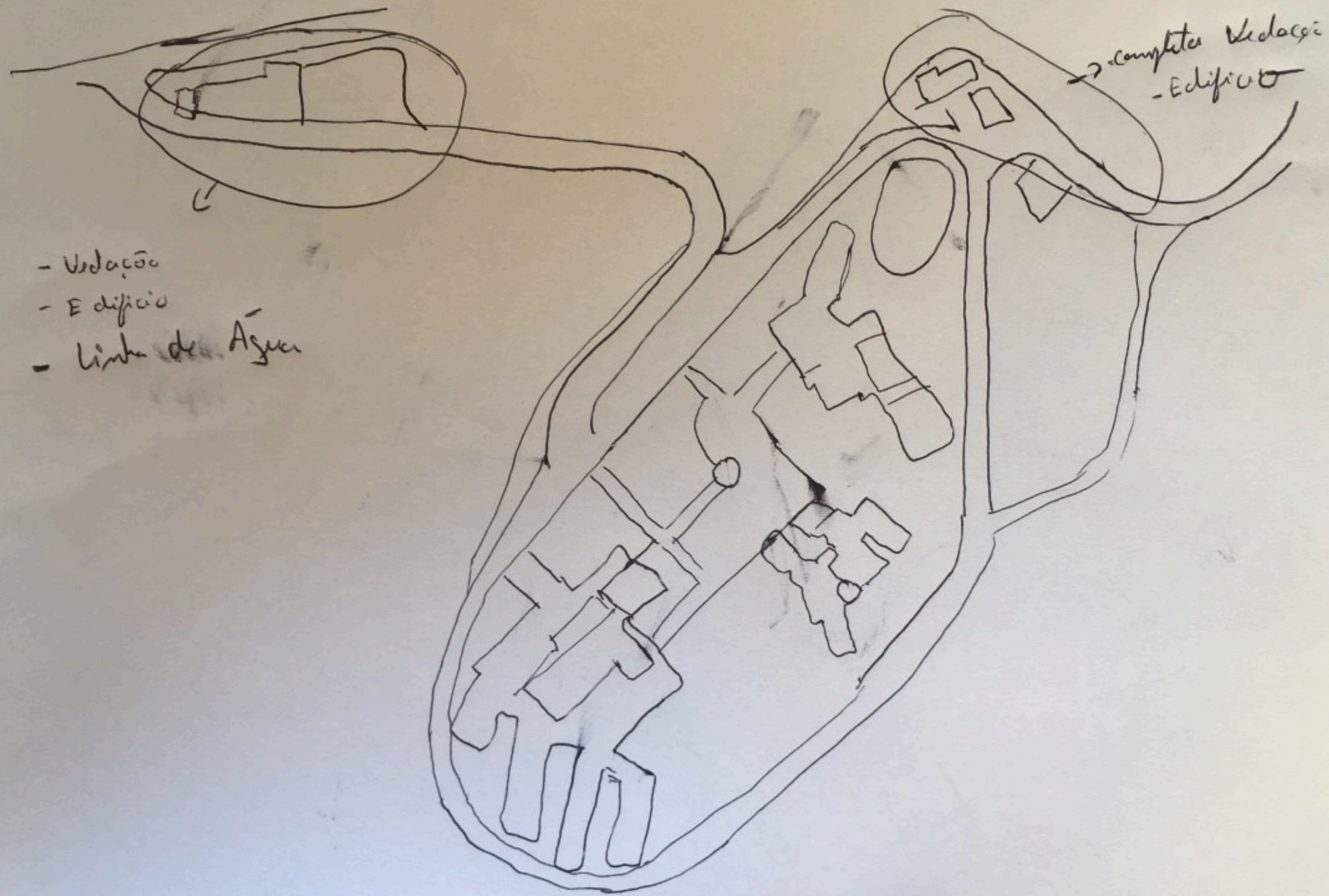
Soares E., *Cartografia Matemática – Engenharia Topográfica*, Instituto Politécnico da Guarda, Guarda, 2018

ANEXOS

Índice de Anexos

Anexo 1–Croqui	55
Anexo 2-Planta de Localização	56
Anexo 3-Rede de Apoio à Escala 1/1000	57
Anexo 4-Atualizações Levantamento Topográfico à escala 1/1000	58
Anexo 5-Levantamento Topográfico do Campus do IPG Atualizado à escala 1/1000..	59

Anexo 1 – Croqui



- Vedação
- Edifício
- Linha de Água

→ completa Vedação
- Edifício

Anexo 2 - Planta de Localização



Planta de Localização

Ortofotomapa

Requerente: Ricardo Saraiva

Contacto:

Pretensão:

Proprietário do terreno:

NIF do Requerente:

Local:

Data: 01/12/2018

NIF do Proprietário do Terreno:

Ref.ª Int.:

Guia N.º:

Verificado por:

96774

97724

71601

71601



72451

72451

96774

97724

Escala: 1:5.000

0 250 Metros

SISTEMA DE REFERÊNCIA:
PT-TM06 / ETRS89



A localização assinalada é da inteira responsabilidade do requerente. A informação disponibilizada não dispensa a consulta dos documentos originais. O fornecimento desta planta não implica qualquer compromisso quanto ao deferimento ou concessão de licenças ou autorização sem a verificação da sua conformidade junto dos serviços da Câmara Municipal.

Câmara Municipal da Guarda

Praça do Município 6301 - 854 Guarda

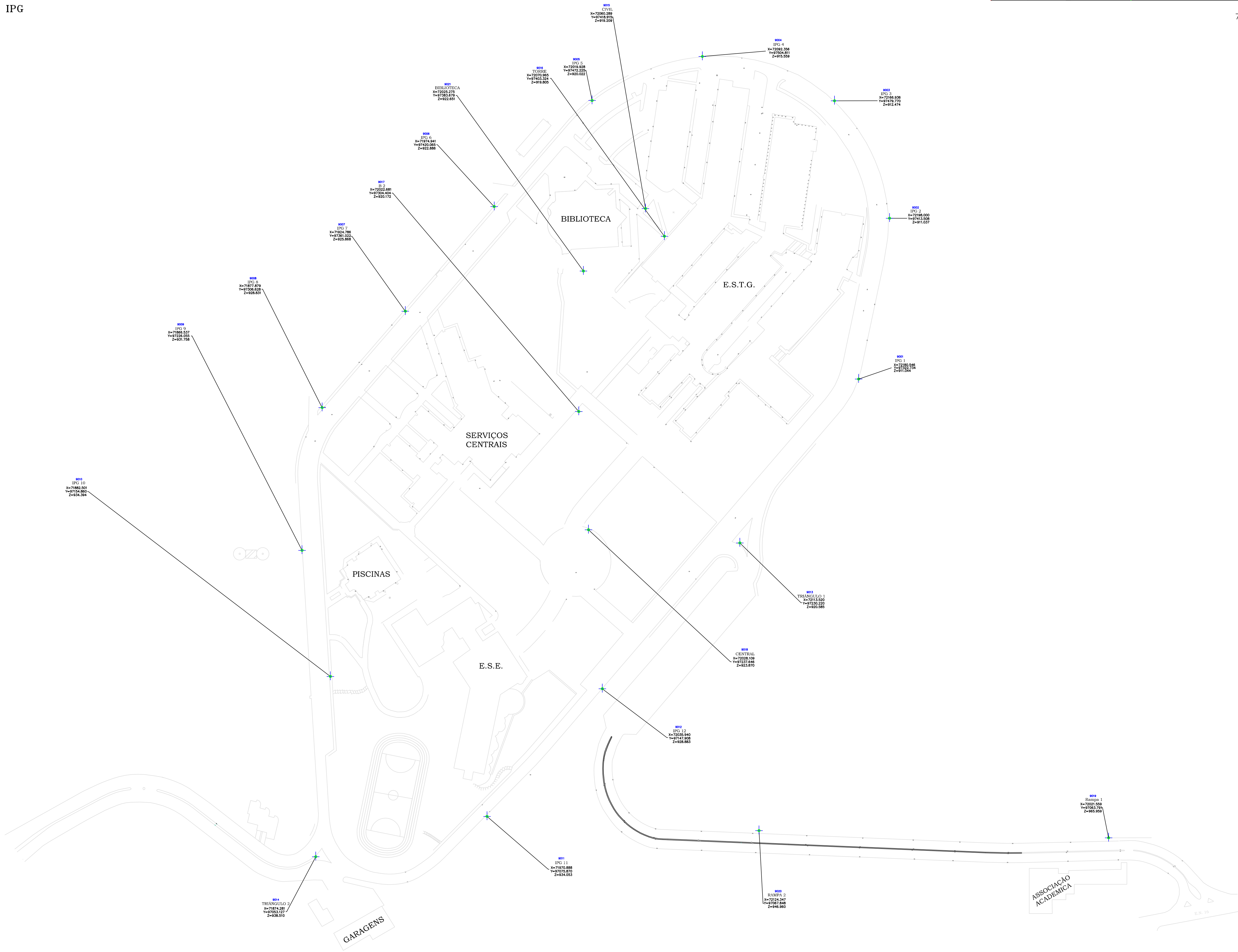
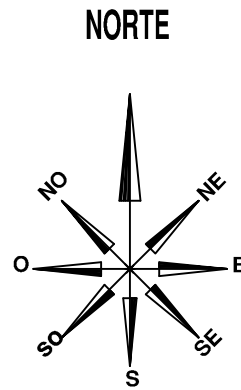
Tel.: 271 220 220

Fax: 271 220 280

www.mun-guarda.pt

Anexo 3 - Rede de Apoio à Escala 1/1000

Guarda
Campus do IPG

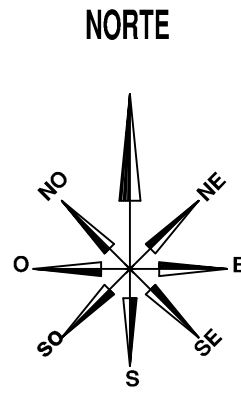


Anexo 4 - Atualizações

Levantamento Topográfico à

escala 1/1000

Guarda
Campus do IPG



97400

97200

97000

72000

72200

72400

72600

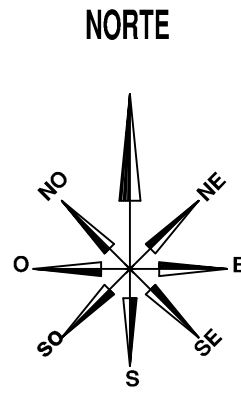


ASSOCIAÇÃO
ACADEMICA

E.N. 10

Anexo 5 - Levantamento Topográfico do Campus do IPG Atualizado à escala 1/1000

Guarda
Campus do IPG



Legenda:

Existente:

Alterado:

